BIBLIOTECA PROVINCIALE

Armadio Q

Palchetto Q.

Num.° d' ordine 20. 9-11-40

NAZIONALE
B. Prov.
I
2421
NAPOLI
VITT. EM. II
R. BIBLIOTECA

B. Prov.
I
2421

TRAITÉ

DE

FORTIFICATION SOUTERRAINE.

BIBLIOTECA PROVINCIALE di NAPOLI

BIBLIOTECA NAZIONALE NAPOLI

60862

TRAITÉ

DE

FORTIFICATION SOUTERRAINE,

SUIVI

DE QUATRE MÉMOIRES

SUR LES MINES;

PAR LE CHEF DE BATAILLON DU GÉNIE

MOUZÉ,

ANCIEN COMMANDANT DE MINEURS.

R. ISTITUTO ORIENTALE NAPOLI BIBLIOTECA M. RIPA

BIBLIOTECA NAZIONALE NAPOLI

A PARIS,

CHEZ LEVRAULT, SCHOELL ET C.ie, LIBRAIRES,

RUE DE SEINE, GRAND HÔTEL DE LA ROCHEFOUCAULT,

ET CHEZ MAGIMEL, LIBRAIRE, Quai des Augustins.

AN XII. (1804.)

Digitized by Google

DISCOURS PRÉLIMINAIRE

DE L'AUTEUR.

Les différens mémoires sur les mines contenus dans cet ouvrage, à l'exception des deux qui ont rapport au bourrage, ont été faits dans les premières années de la révolution, et répandus successivement, par copies manuscrites, dans le corps et à l'École des élèves du génie à Metz.

A mon dernier voyage dans cette place, en l'an 9, je vis plusieurs de ces copies tellement défigurées qu'il me fut aisé de prévoir que bientôt elles rendroient mes mémoires entièrement méconnoissables; dès-lors je me décidai à les livrer à l'impression, en me rassurant sur le bon accueil qu'ils avoient déjà reçu du premier Inspecteur général et d'autres officiers supérieurs du corps : en conséquence, je travaillai, pendant l'an 10, à mettre de l'ordre dans ces différens mémoires épars, et à les réunir en un seul ouvrage, conforme à mes premières minutes.

Digitized by Google

sumé de nos connoissances sur cet art, jusqu'à l'an 11 ; mais qu'à dater de cette époque ils ont à parcourir une nouvelle carrière qui, avec le temps et surtout à l'aide de nombreuses expériences, doit les conduire à assurer la marche qu'ils auront à suivre dans l'emploi des mines, et à dissiper les ténèbres qui les environnent encore.

Quant à la partie de cet ouvrage qui a pour objet de garantir des ricochets les faces des bastions, en les couvrant par les demi-lunes, je ne la présente que comme une première idée qui peut en faire naître de meilleures, mais qui peut déjà être de quelque utilité ; elle m'a été suggérée par l'intime conviction où je suis que, dans le tracé des fortifications, tous les efforts doivent avoir pour but d'éloigner de leur tracé, autant qu'il est possible, le fléau destructeur des tirs à ricochets et par plongées, qui laisseront, pendant long-temps encore, les progrès de la défense bien au-dessous de ceux de l'attaque.

AVERTISSEMENT

Sur les mesures et poids dont on a fait usage dans le cours de cet ouvrage.

Le mètre.... de 3,079^{pieds} ou de 36,948^{pouces} = 3^{pieds} 0$^{\text{pouc.}}$ 11,44$^{\text{lig.}}$
Le décimètre... de 0,307, ou de 3,695 = 0 3 8,34
Le centimètre.. de 0,030, ou de 0,369 = 0 0 4,32
Le kilogramme. de..... 32,7^{onces} = 2^{lb} 0$^{\text{onc.}}$ 5,60^{gros}.

Quoique ces mesures aient pour base le mètre, chacune d'elles est considérée ici comme unité principale, ayant ses parties décimales propres, de même que son quarré et son cube, élevés sur sa base linéaire particulière : ainsi pour exprimer trois mètres et un quart, j'écris 3,25 mètres, ce qui signifie trois et vingt-cinq centièmes de mètre; de même je représente cinq centimètres et un tiers par 5,33^{c}, ce qui signifie cinq et trente-trois centièmes de centimètre.

Par la même raison, les quarrés et les cubes des mesures linéaires ci-dessus donnent les quantités suivantes.

Le mètre....	quarré	= 9,48 (pieds quarrés)	=	9 (ppi)	5 (pipo)	9,40 (pili)
	cube..	= 29,20 (pieds cubes)	=	29 (pppi)	2 (ppipo)	4,80 (ppili)
Le décimètre	quarré	= 13,653 (pouces quarrés)	=	0	13 (ppo)	7,80 (poli)
	cube..	= 50,450 (pouces cubes)	=	0	50 (pppo)	5,40 (ppoli)
Le centimètre	quarré	= 0,136 (pouces quarrés)	=	0	0 (ppo)	1,60 (poli)
	cube..	= 0,050 (pouces cubes)	=	0	0 (pppo)	0,60 (ppli)

Il résulte de là que l'ancien pied cube contient 34,25 décimètres cubes, et que, par conséquent, le même pied cube contenant 64 livres anciennes de poudre ou 31,32 kilogrammes, chaque décimètre cube en contiendra 1,87^{lb} = 1^{lb} 13$^{\text{onc.}}$ $\frac{20}{100}$ = 0,91 kilogrammes.

Dans le cours de cet ouvrage il s'est présenté un grand nombre de cas où l'expression exacte en valeurs du nouveau système n'a pas paru nécessaire, et où l'on a en conséquence abandonné les fractions.

Nota. L'expression abrégée M. R., employée quelquefois dans le cours de cet ouvrage, signifie *moindre résistance.*

TRAITÉ

DE LA

FORTIFICATION SOUTERRAINE.

PREMIÈRE PARTIE.

MATÉRIEL DES MINES.

CHAPITRE PREMIER.

Définitions.

On donne le nom de mine à des poudres placées dans l'intérieur des terres, et dont l'explosion enlève le terrain qui est au-dessus. Le point où se logent les poudres se nomme le fourneau ou la chambre de la mine ; cette chambre est d'une forme cubique proportionnée à la quantité de poudre qu'elle doit contenir. L'excavation produite par l'explosion des poudres se nomme l'entonnoir de la mine.

Les premières mines furent employées par des assiégeans, qui s'en servirent utilement pour accélérer la reddition des places qu'ils attaquoient; bientôt les assiégés en construisirent aussi pour aller à la rencontre de celles de l'assiégeant, et de là est venue la dénomination de contre-mines, que l'on est dans l'usage de donner aux mines destinées à la défense des places, quoique cette expression conviendroit beaucoup mieux

présentement à celles de l'assiégeant, dont les travaux souterrains ont pour but principal la rencontre et la destruction des galeries de l'assiégé, qui sont préparées à l'avance. Mais comme ces dénominations sont de convention, je pense que l'on feroit bien de supprimer celle de contre-mines, qui est actuellement fausse et vide de sens, du moins par rapport à l'assiégé, et de n'admettre que la simple expression de mines défensives ou offensives, suivant qu'elles seroient appliquées à la défense ou à l'attaque des places.

Les routes souterraines qui conduisent aux fourneaux de mines se nomment généralement galeries, mais elles prennent différens noms tirés de leurs dimensions : ainsi on nomme grande galerie, celle qui a dans œuvre 2 mètres (1^{toise}) de hauteur sur 1 mètre (3^{pieds}) de largeur; demi-galerie, celle qui n'a que 1,30 mètres (4^{pieds}) de hauteur sur 1 mètre (3^{pieds}) de largeur; grand rameau, la galerie d'un mètre (3^{pieds}) sur 0,81 mètres ($2\frac{1}{2}^{pieds}$); enfin rameau, celle de 0,81 mètres ($2\frac{1}{2}^{pieds}$) sur 0,65 mètres (2^{pieds}). Les dimensions des trois premières espèces de galerie peuvent varier suivant le besoin; mais on verra par la suite qu'il faut, autant cependant qu'il est possible de le faire, ne pas beaucoup altérer celles du rameau de 0,81 mètres ($2\frac{1}{2}^{pieds}$) sur 0,65 mètres (2^{pieds}).

Les grandes galeries sont les grandes routes des mineurs; c'est par là qu'ils font tous leurs transports : les demi-galeries sont les communications d'une grande route à l'autre; et les rameaux sont des sentiers qui d'une part aboutissent aux poudres, et de l'autre aux communications ou aux grandes routes.

Dans la défense des places, les deux premières espèces de galeries prennent encore des noms tirés de leur situation par rapport au front de fortification sous lequel elles sont placées :

ainsi on nomme galerie majeure, celle qui est placée dans l'intérieur d'un bastion ou demi-lune le long des faces; galerie magistrale, celle qui règne sous le terre-plein des chemins couverts; galerie d'enveloppe, celle qui est placée sous les glacis, dans une direction ordinairement parallèle aux branches du chemin couvert, et à une distance plus ou moins éloignée de la palissade; enfin galerie d'écoute, celle qui, partant d'une galerie majeure ou magistrale, ou d'une galerie d'enveloppe, se prolonge en avant de la galerie dans une direction qui lui est perpendiculaire ou inclinée. Les dénominations de galerie majeure et de galerie magistrale n'exprimant pas du tout l'objet ni l'emplacement de ces galeries, je leur préférerai celles de galerie d'escarpe ou de contre-escarpe, qui me paroissent plus convenables.

On donne le nom de ligne de moindre résistance à la plus courte distance du centre des poudres à la surface du terrain, soit que cette surface se trouve horizontale ou inclinée; ou plus généralement encore, la ligne de moindre résistance est la plus courte distance des poudres à un vide quelconque, en sorte que si une galerie s'en trouvoit plus rapprochée que la surface du terrain, alors la ligne de moindre résistance seroit dirigée vers la galerie.

Le mineur soutient les terres des galeries avec des châssis de charpente, composés (*fig.* 1.re) d'une semelle *a*, de deux montans *b*, et d'un chapeau *c*. Le pied des montans se pose carrément sur une entaille d'un pouce de profondeur pratiquée aux extrémités de la semelle; les montans et le chapeau s'assemblent aussi par entailles, comme on le voit dans la figure: la distance d'un châssis à l'autre dépend du plus ou moins de consistance du terrain; elle est ordinairement d'un mètre. *Planche I.*

Le plafond ou ciel de la galerie se forme par des madriers posés sur les chapeaux, et on lambrisse les côtés avec des planches, ce qui se nomme le coffrage ; les dimensions des bois des châssis doivent être proportionnées à la hauteur et largeur de la galerie, et au plus ou moins de tendance que les terres peuvent avoir à charger le ciel ou pousser les côtés ; lorsque le terrain est mauvais, les madriers et planches du ciel et du coffrage doivent être jointives.

Lorsqu'on a à construire une galerie d'une certaine étendue, et dont l'exécution demanderoit trop de temps si on n'y employoit qu'une seule brigade ou attaque de mineurs, alors on ouvre sur la direction de la galerie, et de distance à autre, des puits auxquels on donne la profondeur que doit avoir la galerie dans ces endroits, et on établit au fond de chaque puits deux nouvelles attaques de mineurs qui cheminent à la rencontre de ceux qui sont partis des autres puits. Ce moyen sert non-seulement à accélérer l'ouvrage, en multipliant les attaques, mais il est encore d'une utilité presqu'indispensable, lorsque la galerie a une certaine longueur, pour assurer sa direction, en fournissant de distance à autre des repères sûrs, au moyen desquels on ne peut plus s'écarter; ce qui seroit beaucoup plus difficile à observer sans leur secours, attendu que la moindre déviation dans l'origine de la galerie jetteroit promptement le mineur tout-à-fait hors de la direction, si cette galerie avoit quelqu'étendue et manquoit de repères pour vérifier l'alignement. On soutient les terres latérales des puits avec des cadres de charpente (figures 2 et 3) assemblés par entailles à mi-bois, placés de mètre en mètre, et contre lesquels on appuie les planches qui doivent former le coffrage du pourtour.

Le premier cadre (*figure 2*) que l'on pose sur la surface et dont les branches débordent le carré, se nomme cadre à oreille.

On rencontre quelquefois de si mauvais terrains qu'il est impossible au mineur d'y pouvoir travailler à couvert; tels sont entre autres les sables coulans ou mêlés de peu de terre, et les graviers secs: alors on travaille à ciel ouvert, c'est-à-dire que l'on fait des tranchées pour enlever toutes les terres depuis la surface jusqu'à l'emplacement de la galerie, que l'on construit ensuite et que l'on remblaie en damant les terres avec soin. Nous verrons dans le chapitre suivant que cette manière de construire une galerie est expéditive et économique, lorsqu'on a assez de bras et de matériaux à sa disposition, et que l'on n'est pas dans le cas de craindre que l'ennemi en ait connoissance, ou lorsqu'il importe peu que l'ennemi connoisse ou non sa position.

Le mineur emploie dans ses travaux des outils qui lui sont particuliers, indépendamment de ceux des pionniers, maçons et tailleurs de pierres : nous allons faire connoître les premiers, ainsi que leur usage.

Nomenclature et usage des outils particuliers aux mineurs.
(Planche I.)

A, chevalet fixé sur le premier cadre des puits pour porter le treuil *B* que les mineurs emploient à tirer les terres du fond, au moyen d'un cable qui s'enroule sur le treuil et de la caisse *C*.

D, panier d'osier, dont le mineur se sert dans les demi-galeries et les rameaux, pour transporter les terres jusques dans les grandes galeries, où elles sont roulées à la brouette jusqu'aux puits ou entrées de ces grandes galeries.

E, aiguilles dont le mineur se sert pour percer les trous des petards ; *F*, curette pour nettoyer lesdits trous ; *G*, épinglette que le mineur place au centre du trou du petard lorsqu'il le bourre, et qu'il retire ensuite pour introduire l'amorce dans le canal que l'épinglette a conservé.

H, masse à tranche.
I, masse carrée.
L, pic à roc ordinaire.
M, pic à roc à tête.

} Le mineur fait usage de ces outils lorsqu'il trouve dans son chemin de la pierre de taille ou de roc ; il préfère le pic à roc à tête, à celui qui n'en a point, parce qu'il l'emploie comme masse et comme pioche.

N, hoyau à deux tranches.
O, bec de canne à tête.

} Le mineur emploie ces outils partout où il rencontre des terrains mêlés de terre et gravier.

P, pic à feuille de sauge.
Q, langues de bœuf.

} Le mineur emploie ces outils dans les terrains sablonneux ou mêlés de beaucoup de gravier.

Indépendamment des outils ci-dessus, le mineur fait un usage continuel de la pioche, de la pelle ronde, de la pelle carrée, de l'escoupe, qui est une pelle carrée repliée par son milieu, et qui lui sert pour tirer à lui les terres des déblais.

Il fait également usage des outils de carrieurs, tailleurs de pierres, maçons et charpentiers, lorsqu'il est employé à ces différens ouvrages.

Lorsque le mineur manque d'air dans sa galerie, il perce le terrain au-dessus de lui avec un instrument nommé trépan, qui n'est autre chose qu'une tarière dont les mèches sont relatives aux différentes espèces de terrains, et auxquelles

s'adaptent des alonges de deux pieds en deux pieds, jusqu'à ce que la mèche ait percé la surface du terrain; cette opération est ce que les mineurs nomment *coup de trépan*.

CHAPITRE SECOND.

Construction des galeries de mines.

On construit en maçonnerie les principales galeries destinées à la défense des places, et qui doivent être permanentes; celles que l'on peut être dans le cas de faire lorsque la place est menacée de siége ou même assiégée, ainsi que celles de l'assiégeant, se construisent en bois. La construction en maçonnerie ne pouvant avoir lieu qu'après la construction en bois, nous allons commencer par celle-ci, et en suivre les détails pour une grande galerie qui ne doit pas être maçonnée. Les bois nécessaires à une pareille construction ont communément les dimensions suivantes.

Dimensions des bois pour un châssis de galerie.

	GROSSEUR.		LONGUEUR DANS OEUVRE.		LONGUEUR TOTALE.	
	mètres.	pouc. lign. pouc. lign.	mètr.	pou. lig.	mètr.	pouc. lign.
La semelle	0,15 sur 0,09	5 . 6 sur 3 . 4	1,00	36.11	1,18	47 . 3
Les montans....	0,15 sur 0,15	5 . 6 sur 5 . 6	2,00	73.10	2,05	75 . 9
Le chapeau.....	0,18 sur 0,15	6 . 8 sur 5 . 6	1,00	36.11	1,28	47 . 3
Pour un cadre de puits.....	0,12 sur 0,12	4 . 5 sur 4 . 5	1,33	49. 1	1,56	5 . 77

Les madriers pour le ciel de la galerie, 1,14 mètres (42 pouces 1 ligne) de longueur sur 0,06 mètres (2 pouces 3 lignes) d'épaisseur.

Les planches pour le coffrage des puits et des côtés de la galerie, 0,03 mètres (1 pouce 1 ligne) d'épaisseur.

*

Construction d'un puits et d'une galerie en bois.

La direction de la galerie étant tracée sur le terrain, et le centre du puits déterminé par un piquet à tête carrée sur laquelle se trouve une coche ou trait de scie, dans l'exacte direction de la galerie, on pose le cadre à oreille sur le terrain; on l'établit de niveau sur lui-même, faisant correspondre avec l'alignement de la galerie les coches tracées sur les milieux de ces côtés, et on le maintient dans cette situation par un piquet *P* à chaque coin, ainsi qu'on le voit *fig.* 4.

Le mineur s'enfonce ensuite jusqu'à la profondeur d'environ un mètre (3^{pieds}), suivant la nature du terrain, observant d'étendre sa fouille à environ 0,06 mètres (2^{pouces} 3^{lignes}) au-delà du hors-d'œuvre des côtés du cadre, et de la conduire bien à l'aplomb avec ces côtés. La fouille faite et les terres déblayées, il pose son second cadre *b* parallèlement au premier, de manière que les coches des milieux de ces deux cadres se correspondent parfaitement, et il les lie ensemble par deux tringles *c*, clouées à chaque angle; il coffre ensuite l'espace entre les deux cadres, en faisant couler les planches par le dessus du terrain, jusqu'à fleur du cadre à oreille, en les appuyant contre les terres à la hauteur du second cadre, et les y maintenant par des coins placés entre les planches et le second cadre, de manière qu'en ôtant ces coins on puisse faire couler à leur place les planches suivantes. Le mineur continue alors la fouille, et lorsqu'il ne peut plus jeter les terres au-dessus du puits, on pose le treuil et on cloue les pieds des chevalets sur les côtés du cadre à oreille. Le troisième cadre se pose, comme le second, avec la même

Fig. 5.

attention pour l'exactitude de l'aplomb des milieux des cadres ; et l'on coffre l'espace compris entre le deuxième et le troisième cadre, en enlevant successivement les coins dont nous venons de parler, et mettant à leur place les bouts des planches, que l'on fait descendre jusqu'au troisième cadre, où l'on remet les coins tirés du second cadre.

Cette manœuvre se continue, en observant de régler la distance d'un cadre à l'autre de manière à ce qu'il s'en trouve un placé à environ six centimètres au-dessus du ciel de la galerie à construire : par exemple, si le puits doit avoir 5,33 mètres de profondeur totale, ôtant 2,22 mètres pour la hauteur hors d'œuvre que doit occuper la galerie à construire, il restera 3,11 mètres depuis le dessus du cadre à oreille jusqu'au-dessous de celui à hauteur du ciel de la galerie, ce qui donne trois cadres ordinaires, compris ce dernier, qui se trouveront espacés entre eux de 1,04 mètres.

Le cadre au-dessus du ciel de la galerie étant posé, le mineur continue la fouille, sans mettre de nouveau cadre que lorsque le puits est à sa profondeur ; ce qui s'exécute sans danger dans la plus grande partie des terrains. Nous verrons ci-après ce qu'il fait lorsque le terrain est mauvais. Le puits étant à sa profondeur, le cadre du fond posé et les dernières planches du coffrage mises en place, à l'exception du côté destiné à l'entrée de la galerie, on s'assure que les milieux de tous les cadres, et particulièrement des deux extrêmes, sont bien dans le plan vertical du centre de la galerie ; on plante dans le milieu du puits un piquet à la profondeur exacte que doit avoir ce puits, et sur la tête duquel on fait une coche dans le plan vertical ci-dessus ;

cette coche et celle sur le côté du dernier cadre opposé à la galerie, en établissent la direction.

Ces dispositions faites, le mineur pose son premier châssis, en enterrant sa semelle de niveau sur elle-même, le long et en dehors du côté du cadre, dans l'exacte direction de la galerie, et de plus de niveau avec le piquet du centre, ou dans la pente qui aura été réglée; il place ensuite les montans d'aplomb, et le chapeau de manière à ce que la coche sur le milieu du chapeau réponde bien exactement à celle de la semelle. Pour placer les montans et le chapeau, il fait une tranchée dans le terrain de chaque côté et au-dessus, et il soutient le châssis dans cette position par de petits étrésillons placés entre les terres des côtés et le dehors des montans; il fouille ensuite carrément devant lui, en bombant de quelques pouces l'excavation du ciel, et s'avance, lorsque le terrain a quelque consistance, jusqu'à l'emplacement du second châssis, qui est ordinairement à un mètre du précédent, et qu'il place avec les mêmes précautions que le premier; après quoi il coule les madriers du ciel d'un chapeau à l'autre, et les planches du coffrage des côtés d'un montant à l'autre, plaçant des coins intermédiaires entre chaque madrier ou planche du coffrage et les bois du second châssis, pour donner passage aux madriers et planches qui doivent coffrer l'intervalle entre le deuxième et troisième châssis. Voilà à quoi se réduit la construction de la galerie en bois, dans les terrains ordinaires qui ont assez de consistance pour se soutenir sans étaies sur l'étendue d'environ un mètre, ce qui se rencontre assez généralement.

Mais lorsque quelque partie du terrain se trouve plus mauvaise, alors le mineur ne s'avance en galerie que d'environ

la moitié du mètre, et pose là un faux châssis, contre lequel il appuie les madriers et planches du coffrage, dont la moitié de la longueur se trouve alors en arrière du dernier châssis posé; il continue sa fouille, avançant les pièces de coffrage à fur et mesure d'œuvre, jusqu'à ce qu'il soit parvenu à l'emplacement du vrai châssis, qu'il pose à l'ordinaire, et contre lequel il fait avancer les coffrages; après quoi il enlève le faux châssis pour répéter la même opération, si besoin est.

Enfin, lorsque le terrain est bien mauvais, il est obligé à beaucoup plus de précaution, soit dans la construction du puits, soit pour la conduite de la galerie; c'est ce qui nous reste à examiner. Dans la fouille du puits, il tient ses cadres plus rapprochés les uns des autres, ou bien il emploie un faux cadre qu'il pose à environ moitié du mètre en contre-bas du précédent, faisant descendre les planches de coffrage à mesure d'œuvre, jusqu'à ce qu'il soit parvenu à la place du vrai cadre, qu'il pose à l'ordinaire, et il retire le faux cadre; il est obligé de poser un cadre intermédiaire, entre celui qui est au-dessus de la place du chapeau et celui du fond du puits, et il coffre le tout jointivement; il pose son premier châssis de galerie en dedans du puits, plaçant la semelle le long du parement intérieur du dernier cadre, et soutenant les montans par des étrésillons placés entre eux et les planches du coffrage latéral, et aussi par des coins placés entre les montans et les côtés du cadre intermédiaire, qui par ce moyen se trouve arc-bouté. *Fig. 6.*

Pour entrer en galerie il fait descendre avec une pince à pointe, d'environ 4^{p}, les planches de coffrage qui sont entre le cadre au-dessus du ciel de la galerie et celui qui est au-dessous; il pose successivement les madriers du ciel sur le

chapeau, en leur faisant une prise dans les terres au moyen de la langue de bœuf, qui lui sert à y pratiquer une espèce de rainure, dans laquelle il pousse le bout du madrier du ciel, jusqu'à ce qu'il y soit engagé d'environ 4°. Il fait la même opération pour les planches supérieures *e* du coffrage des côtés ; il déblaie ensuite les terres qui sont découvertes, et continue d'enfoncer dans le terrain le coffrage du ciel et des à-côtés, jusqu'à ce qu'il soit parvenu à les engager de la moitié de leur longueur ; et pour que les madriers du ciel ne basculent pas, il les contrebutte en dedans du puits par des étrésillons appuyés contre le cadre supérieur : par ce moyen le ciel et les parties supérieures des côtés se trouvent soutenus. Alors il enlève les planches entre les deux avant-derniers cadres, place avec les mêmes attentions que ci-dessus les planches du coffrage en-dessous des premières posées, et déblaie les terres jusqu'au cadre intermédiaire, en les conduisant en glacis depuis le haut jusqu'à lui : les pièces latérales de ce cadre étant soutenues par les coins placés entre elles et les montans, il enlève celle qui est devant lui, ainsi que les dernières planches du coffrage qu'elle soutenoit ; il achève de placer et d'enfoncer dans le terrain les bouts des planches de coffrage de la partie inférieure de la galerie, et déblaie les terres qui lui restent à enlever pour poser de suite son faux châssis et continuer après la même opération, poussant toujours devant lui, à l'aide de la langue de bœuf, les madriers du ciel et les planches de coffrage dans le terrain, avant que de déblayer, jusqu'à ce qu'il soit parvenu à l'emplacement du second châssis, qu'il pose à l'ordinaire pour continuer ensuite son travail et toujours avec les mêmes précautions. Si elles ne

sont pas suffisantes et que le terrain se vide de l'avant, c'est-à-dire par la partie qui est en face du mineur, et que par suite il vienne à se former des cloches ou éboulis considérables, remplissant le bout de la galerie, alors le mineur est obligé, lorsqu'il a pu parvenir à poser et coffrer un châssis, de mettre en face un nouveau masque ou coffrage pour retenir les terres, et de renouveler les manœuvres ci-dessus pour se porter en avant; ce qui rend la construction, si non impossible, du moins bien difficile, bien longue et quelquefois périlleuse, attendu que les éboulis peuvent fort bien renverser le mineur, et que venant à se succéder, pendant la fouille d'un châssis à l'autre, à mesure que l'on enlève les précédens, le terrain se videroit jusqu'à la surface : il faut donc alors s'armer d'une très-grande patience, si on en a le temps, ce qui n'est pas ordinaire, ou bien renoncer à cette galerie, ou enfin la construire à ciel ouvert, si l'ennemi n'est pas en présence.

Les opérations que nous venons de détailler pour la construction d'une galerie en bois de deux mètres sur un mètre, s'appliquent également à celles de toute autre dimension, et ne présentent pas plus de difficultés lorsque le terrain est bon ; mais il faut observer que si le terrain est mauvais, ces difficultés augmentent à mesure que les dimensions de la galerie croissent ou diminuent, parce que, dans le premier cas, il est plus difficile de contenir devant soi une grande surface qu'une moindre, et que, dans le second cas, le mineur étant courbé et obligé même, dans les rameaux, à travailler à genoux ou assis, il n'est pas maître des mouvemens de son corps, ne peut pas être aidé par son second, et par conséquent a plus de peine à parer aux accidens.

Digitized by Google

Concluons donc que lorsque le terrain, sous un front que l'on veut défendre par les mines, est reconnu mauvais sur toute sa surface, comme le sont ceux de sable coulant ou le gravier sec, il faut construire à ciel ouvert et pendant la paix, ou du moins quelque temps avant le siége, toutes les galeries et rameaux projetés; puisqu'il ne seroit pas possible de s'en occuper souterrainement lorsque la place seroit investie ou assiégée, qu'alors il ne seroit plus temps de le faire à ciel ouvert, et que d'ailleurs on ne doit pas craindre le mineur assiégeant, pour qui le terrain ne seroit pas plus complaisant que pour l'assiégé.

Avant que de terminer les détails de la construction en bois, disons un mot du faux châssis que le mineur emploie dans les mauvais terrains. Ce faux châssis n'étant destiné à rester en place que fort peu de temps, ses dimensions de grosseur sont moindres que celles du châssis ordinaire, et peuvent être réduites à un décimètre, pour la facilité de le manœuvrer. Les montans ont à leurs extrémités de petits tenons qui s'assemblent dans des mortaises aux extrémités du chapeau et de la semelle; celle-ci a moins d'épaisseur vers les bouts que dans son milieu : au moyen de quoi on présente d'abord le chapeau que deux hommes soutiennent, pendant que le mineur place le petit tenon du bout des montans dans la mortaise à chaque extrémité du chapeau; et à l'aide de l'espèce de glacis que forme la surface supérieure de la semelle, et d'une pince à la main, il pousse le pied du montant le long de ce glacis, jusqu'à ce qu'il entre dans l'entaille de la semelle. Cette semelle se pose sur la surface du sol de la galerie, et n'est point enterrée comme les semelles ordinaires.

Passons présentement aux constructions en maçonnerie par des travaux souterrains.

Construction d'une galerie en maçonnerie par des travaux souterrains.

La construction souterraine d'une grande galerie en maçonnerie est toujours précédée de la construction d'une galerie en bois, qui ne diffère de celle dont nous venons de détailler l'exécution que par de plus grandes dimensions, ayant ordinairement 2 mètres ($6^{pieds}\ 2^{pouces}$) de largeur hors d'œuvre des montans, et 2,50 mètres ($7^{pieds}\ 8^{pouces}$) de hauteur sous le chapeau. De même les puits que l'on ouvre alors ne diffèrent des précédens que par la grandeur de leur ouverture, qui est aussi de 2 mètres ($6^{pieds}\ 2^{pouces}$), et quelquefois de beaucoup plus, lorsque le puits se trouve placé à la jonction de deux galeries qui se croisent et où l'on projette d'établir un souterrain plus spacieux que la galerie ordinaire, pour servir d'entrepôt ou pour faciliter les différentes manœuvres des galeries, lequel souterrain se nomme case. Les bois pour la construction d'une semblable galerie ont communément les dimensions suivantes :

Dimensions des bois pour la construction d'une grande galerie.

	GROSSEUR.				LONGUEUR DANS OEUVRE.			LONGUEUR TOTALE.		
	mètres.	pouc.	lign.	pouc. lign.	mèt.	pou.	lig.	mèt.	pouc.	lign.
La semelle.....	0,18 sur 0,12	6	8 sur	4 5	1,66	61	4	2.00	73	11
Les montans....	0,18 sur 0,18	6	8 sur	6 8	2,50	92	4	2,56	94	7
Le chapeau.....	0,21 sur 0,18	7	9 sur	6 8	1,66	61	4	2,00	73	11
Pour un cadre de puits ordinaire	0,15 sur 0,15	5	6 sur	5 6	2,00	73	11	2,88	106	5

Les madriers du ciel de la galerie et les planches pour le coffrage, tant de la galerie que des puits, ont les mêmes

dimensions que pour les galeries ordinaires, et les bois des cadres augmentent de grosseur en proportion de l'accroissement de l'ouverture.

Fig. 7. Lorsque le terrain n'a pas beaucoup de consistance, c'est-à-dire lorsqu'il charge le ciel et pousse les côtés, alors tous les coffrages et châssis qui composent la galerie en bois sont perdus et ne peuvent être retirés; et la construction de la galerie en maçonnerie dans l'intérieur de celle en bois, n'offre rien de particulier que dans la manière de voûter que nous allons détailler.

Les pieds-droits étant montés à leur hauteur, de niveau ou suivant la pente indiquée, on établit le long de leur parement intérieur et de chaque côté, un cours de sablière soutenu par des potelets, et c'est sur ces sablières que l'on pose les tambours, qui ont en longueur la moitié du mètre (18$^{pouc.}$ 6$^{lign.}$) et qui sont destinés à voûter. Ces tambours sont composés d'un cadre d'un mètre (3^{pieds}) de largeur et 0,50 mètres (18^{pouces} 6^{lignes}) de longueur, sur lequel sont cloués deux cintres assemblés par des douelles en dessus. La voûte se commence au milieu de la longueur de la galerie, par deux mineurs qui se font face, et qui, en commençant la voûte, sont éloignés l'un de l'autre de la longueur de deux tambours ou un mètre (3^{pieds}). Cette construction n'est gênante que vers la clef, lorsque la voûte se trouve entre deux châssis: il reste 0,18 mètres (6^{pouces} 8^{lignes}) entre les madriers du ciel et l'extrados de la clef, ce qui suffit pour la serrer; et lorsqu'elle se trouve sous un chapeau, le mineur serre la clef par une posée contre le chapeau. Après la construction des deux premiers tambours, chaque mineur en pose un autre de son côté, qu'il continue à voûter, et ainsi de suite. Le mortier et les matériaux nécessaires à chaque mineur, sont portés sur un petit échafaud mobile, composé de

de deux petits chevalets posés contre les pieds droits et de quelques planches dessus.

Voilà à quoi se réduit le travail particulier des voûtes de galerie lorsque le terrain oblige à faire le sacrifice des planches et châssis qui composent la galerie en bois ; mais lorsque le terrain a assez de consistance pour se soutenir latéralement, on peut retirer la plus grande partie des bois, en opérant comme il suit, après avoir pris la précaution, en posant les madriers du ciel, de leur donner environ 2^{p} de longueur *Fig. 8.* en sus de la distance qu'il doit y avoir d'un chassis à l'autre, afin que ces madriers puissent déborder le second châssis de toute cette quantité excédante ; on en verra ci-après la raison.

On commence la maçonnerie par celle d'une petite fondation sous les pieds droits, d'environ 18^{c} de profondeur ; lorsqu'elle est remplie, on place un faux chapeau *a* à côté du vrai et de même longueur sous le débordement des madriers du ciel ; on le soutient par deux faux montans *b*, placés à l'aplomb intérieur des pieds droits de la galerie sur une semelle qui occupe la largeur dans œuvre de cette galerie ; on étampe ensuite les rangs supérieurs des coffrages par des plateaux que l'on butte avec des étrésillons horizontaux ; ensuite on ôte les anciens montans et le chapeau, ainsi que les planches de coffrage du bas qui ne sont pas étampées, et on élève les pieds droits en appuyant la maçonnerie contre la terre découverte jusqu'à la hauteur des planches étampées ; alors on ôte tout-à-fait les planches du coffrage qui restent, ou bien si le terrain menace un peu, on relève seulement les étrésillons horizontaux pour dégager quelques rangs de planches au-dessus de la maçonnerie faite, et on continue

ainsi jusqu'à ce que les planches des côtés soient tout-à-fait enlevées.

Lorsque les pieds droits sont arrasés à leur hauteur, on pose sur chacun et à l'aplomb du faux chapeau, un pointal *P* porté sur un petit plateau; au moyen de quoi on retire les faux montans et la fausse semelle, en sorte qu'il ne reste plus que la semelle ordinaire, que l'on pourroit encore retirer en même temps que les montans, mais que l'on laisse ordinairement pour assurer la direction et le niveau de la galerie, le faux chapeau, les deux petits potelets et les madriers du ciel. Dans cet état de choses on procède à la construction de la voûte, comme nous l'avons dit précédemment; lorsqu'elle est fermée entre deux châssis et que l'on est bien assuré du terrain, on peut encore retirer quelques madriers du ciel, en sciant les petits étançons pour faire tomber sur l'extrados de la voûte le faux chapeau et les madriers du ciel, et en retirer une partie : mais cette manœuvre ne convient que dans des terrains bien fermes, en sorte qu'il est toujours plus prudent d'en faire le sacrifice.

Construction des galeries à ciel ouvert.

Fig. 9 *et* 10. Ce qui précède n'a pour objet que la construction des galeries à ciel couvert, ou souterrainement. Il nous reste à parler de la manière dont on procède à la fouille et à la construction des galeries à ciel ouvert.

On se sert pour ces constructions de grandes pièces de sapin *A B* de dix à treize mètres de longueur, placées parallèlement à la ligne *CD* du milieu de la galerie, espacées entre elles en dehors, de la largeur hors d'œuvre que doit avoir la galerie, et portées par des poutrelles transversales *EF*

distantes entre elles de quatre à cinq mètres, et dont chaque extrémité dépasse les pièces de sapin d'environ un mètre.

Le mineur déblaie les terres entre le hors-d'œuvre des pièces de sapin jusqu'à la profondeur d'un mètre, suivant la nature du terrain auquel il a à faire, et là il pose bien horizontalement une suite de cadres, carrés ou rectangulaires, *abdc*, dont le hors-d'œuvre est d'aplomb avec celui des pièces de sapin; il soutient ensuite les terres avec des planches qu'il fait couler le long des bords extérieurs des pièces de sapin et serrées contre les terres et les premiers cadres par des coins, ainsi qu'on l'a vu ci-dessus pour les puits ordinaires; ce premier rang de cadres est pareillement lié avec les pièces de sapin par des tringles. Le coffrage étant posé, on continue la fouille jusqu'à la profondeur d'un second rang de cadres, que l'on pose comme les premiers, en se conformant à ce qui se pratique pour les autres puits; on peut placer entre les pièces de sapin autant de treuils que l'on veut, au moyen de deux poutrelles qui en portent les chevalets et de quelques planches pour faire des ponts. On peut aussi espacer les grandes pièces de sapin de manière que leur distance en dedans soit égale au hors-d'œuvre de la galerie; alors la fouille se fait à l'aplomb du dans-œuvre de ces pièces, et c'est sur ce bord intérieur que se clouent les premières planches du coffrage. J'ai préféré le hors-d'œuvre des pièces de sapin, parce qu'alors le premier rang de planches se trouve mieux butté, ce qui convient dans des terrains que nous supposons mauvais; et, au moyen de cette disposition, on peut se dispenser de clouer les têtes des planches contre les pièces de sapin, en y suppléant par des terres que l'on rapporte et que l'on dame contre jusqu'à la hauteur du dessus des pièces de sapin.

La tranchée étant à profondeur et le dernier cadre posé à quatre décimètres au-dessus du sol de la galerie, de manière à ce que les dernières planches du coffrage descendent de quatre décimètres plus bas que le cadre, on travaille à la construction de la galerie.

Si elle doit être faite en maçonnerie, il sera possible de retirer tous les bois, à moins que le terrain ne soit intraitable; et voici comment on doit y procéder.

En commençant la maçonnerie, on l'appuiera contre les bouts des dernières planches du coffrage, et lorsqu'elle sera montée à deux décimètres, on enlèvera le dernier cadre, qui pour cet effet a été placé à quatre décimètres au-dessus du sol de la galerie; on continuera après la maçonnerie, et lorsqu'elle aura cinq à six décimètres d'élévation, on fera remonter les dernières planches du coffrage, au moyen de la pince à pointe et d'une pesée sur la maçonnerie, jusqu'à ce que ces planches ne soient plus engagées dans le mur que d'environ deux décimètres, comme on le voit aux endroits *K* (*fig.* 10), et on placera des coins *q* entre les têtes de ces planches remontées et celles contre lesquelles elles appuient, pour les serrer par le pied contre les terres du bas. Cette opération faite, on continuera la maçonnerie et la manœuvre pour faire remonter les planches jusqu'à ce que l'on soit arrivé à la hauteur de l'avant-dernier cadre; alors on enlèvera tout-à-fait les dernières planches, en mettant entre le second cadre et les planches supérieures, des coins pour les remplacer. Pour retirer le second cadre, on placera à trois décimètres au-dessus des plateaux contre les planches, et on les arc-boutera par deux étrésillons; cela fait, on enlèvera le second cadre, on continuera la maçonnerie en l'appuyant

contre le bout des secondes planches en contre-bas des étrésillons, que l'on ôtera lorsque ces planches seront engagées dans la maçonnerie d'environ deux décimètres ; on laissera ces planches dans cet état jusqu'à ce que la voûte de la galerie qui doit se faire entre le second et le troisième cadre soit fermée ; on en garnira les reins avec des terres damées, et ce sera alors que l'on fera remonter les secondes planches à mesure que les reins se rempliront, jusqu'à ce que l'on soit à hauteur du sommet de l'extrados où doit se trouver le troisième cadre. En répétant la même manœuvre à mesure que le remblai des terres au-dessus de la galerie se fera, on parviendra, avec un peu de soin et d'attention, à retirer tous les bois, planches et coins employés à la fouille.

Si la galerie doit être construite en bois, il sera encore possible de retirer tous ceux qui ont servi à la fouille, en se conduisant comme il suit. On posera les châssis, que l'on maintiendra en place par des tringles clouées de l'un à l'autre et par des doubles coins qui arc-bouteront leurs montans contre les planches du coffrage de la fouille ; on placera le premier rang de planches du coffrage de la galerie, et au moyen de la pince à pointe et d'un pied de chevrette établi dans l'intérieur de la galerie, on fera remonter d'environ deux décimètres les dernières planches du coffrage de la fouille ; on posera ensuite la deuxième planche du coffrage de la galerie, et on fera remonter d'environ quatre décimètres les planches de celui de la fouille, et ainsi de suite, jusqu'à ce que l'on soit parvenu à la hauteur du second cadre, que l'on ôtera en le remplaçant par des plateaux étrésillonnés en travers de la tranchée, et que l'on enlèvera lorsque les bouts des secondes planches de ces fouilles seront

contenus par les planches du coffrage de la galerie, en sorte que la manœuvre pour retirer tous les bois ne différera de celle pour les galeries en maçonnerie que par le pied de chevrette pour les pesées, lequel doit avoir environ deux mètres de hauteur et être percé de plusieurs trous pour recevoir à différentes hauteurs le boulon qui doit servir d'appui à la pince à pointe. Cette manière de procéder à la construction des galeries maçonnées ou en bois est très-expéditive, lorsqu'on a des bras et des matériaux à sa disposition, puisque rien n'empêche alors de multiplier les moyens d'une prompte exécution, et même de terminer la totalité de la fouille dans le temps qui seroit nécessaire à celle des puits qu'il faudroit établir pour la construction souterraine, puisque la méthode des tranchées n'est autre qu'un puits occupant toute l'étendue de la galerie. Il en résulte encore une économie considérable, 1.° sur les bois, que l'on retire entièrement, tandis que dans la construction souterraine on est obligé d'en abandonner plus ou moins; 2.° sur les journées d'ouvriers (du moins lorsque la galerie doit être maçonnée), car chaque attaque de trois hommes emploiera souterrainement une journée pour fouiller deux mètres cubes qui répondent à deux mètres courans sur la longueur, pour poser les deux cadres et coffrer, tandis qu'à ciel ouvert la même attaque, que rien ne gêne, enlèvera onze mètres cubes dans la même journée, que je réduis à dix à cause du temps qu'il faudra pour poser les cadres et coffrer. Ainsi le travail journalier des deux attaques sera comme 10 : 2 ou :: 5 : 1, et la quantité d'ouvrage à faire par chacune des attaques étant, pour une galerie de profondeur moyenne, qui est environ six mètres, comme 6 : 2 ou :: 3 : 1; si on y ajoute une unité pour le remblai,

ce sera plus qu'il ne faut, attendu que son exécution emploiera certainement une fois moins de temps que le déblai. Ainsi le rapport entre les quantités d'ouvrages à faire sera :: 4 : 1, et le travail réel des deux attaques par jour étant :: 5 : 1, il s'ensuit qu'il y aura un cinquième à gagner sur les journées. 3.° Enfin, sur la construction de la maçonnerie, qui sera beaucoup plus tôt faite par le même nombre d'hommes à ciel ouvert que souterrainement.

Cette méthode est donc préférable pour les travaux de paix, ou lorsque la place n'est pas menacée de siége, ou enfin lorsqu'il est peu important que l'ennemi ait connoissance de la galerie à construire.

CHAPITRE III.

De la charge de la mine; de la figure de l'entonnoir; du bourrage et autres dispositions pour faire jouer un fourneau; de la fumée.

De la charge.

L'EXPLOSION d'une mine agit extérieurement et intérieurement : son effet extérieur produit l'excavation que l'on nomme entonnoir de la mine, et son effet intérieur produit une commotion ou ébranlement souterrain dans les parties qui avoisinent le foyer. Ces effets croissent en augmentant les charges ; mais les accroissemens ne sont pas en proportion avec les augmentations de charge, c'est-à-dire, qu'une

charge sextuple d'une autre, sous une même ligne de moindre résistance, produira des effets plus grands, mais qui ne seront pas sextuples des premiers.

Il résulte des deux effets de la charge des mines, que celles pour l'attaque ne doivent pas être exécutées de même que pour la défense. En effet il importe à l'assiégeant de charger beaucoup pour produire de plus grands entonnoirs qui lui servent de couvert, et une plus grande commotion souterraine, pour culbuter les galeries de l'assiégé qui en seroient à portée; par la raison contraire, l'assiégé doit peu charger, pour garantir ses galeries des effets de la commotion et pour ne pas donner de couvert à l'ennemi. En conséquence de ce principe, on a cherché à régler la charge des mines défensives, de manière que l'explosion n'ayant que la force jugée nécessaire pour détruire extérieurement les ouvrages de l'assiégeant, on puisse, sans craindre les effets de la commotion, tenir les galeries aussi rapprochées des fourneaux qu'il est possible. On a conclu des expériences faites à ce sujet, qu'un fourneau sous une ligne de moindre résistance de 3 à 5 mètres, chargé de manière à produire un entonnoir d'un diamètre double de cette ligne de M. R. avoit plus de force qu'il ne lui en falloit et embrassoit une surface extérieure suffisante pour détruire les travaux ordinaires de l'ennemi, sans lui donner trop de couvert, et qu'alors les galeries pouvoient en être rapprochées jusqu'à une distance double de la ligne de M. R. sans avoir rien à craindre des effets de la commotion. On a fait à Verdun différentes expériences pour tâcher de tenir les galeries plus rapprochées des fourneaux, mais elles n'ont servi qu'à prouver que pour être hors d'inquiétude il faut que cette distance soit double de la ligne de

de M. R.; c'est là un des grands principes de la pratique des mines défensives. Sur quoi il faut observer:

1.° Que la charge ainsi réglée ayant une force plus que suffisante pour l'effet qu'elle doit produire, on pourroit, en la diminuant, diminuer aussi l'action de la commotion et rapprocher davantage les galeries des fourneaux; mais alors on auroit à la surface un moindre diamètre qui embrasseroit par conséquent moins de terrain: qu'au contraire, si l'on augmentoit la charge, on produiroit un plus grand diamètre à la surface, mais l'on augmenteroit aussi la commotion et l'on seroit obligé de tenir les galeries plus éloignées des fourneaux. 2.° Que le principe ci-dessus ne doit s'appliquer qu'aux lignes de M. R. depuis 3 à 5 mètres, attendu que si ces lignes croissoient sensiblement au-delà, alors les charges, qui suivent la raison de leurs cubes, deviendroient bientôt très-considérables, et il en résulteroit que ces grandes charges, produisant un entonnoir d'un diamètre double de la ligne de M. R., donneroient un profond et très-vaste couvert à l'ennemi; d'où il suit que dans ce cas on doit diminuer la charge en raison du moindre diamètre supérieur que l'on veut produire, ce qui diminuera aussi le couvert, attendu que les terres, étant poussées alors avec moins de violence, retomberont en plus grande partie dans l'entonnoir. 3.° Enfin qu'une charge destinée à produire un entonnoir d'un diamètre double de la ligne de moindre résistance, occasionant un ébranlement souterrain capable de renverser des galeries dont la distance aux poudres seroit moindre que le double de cette ligne, il s'ensuit que si l'on chargeoit prodigieusement ce fourneau, alors l'effet de la commotion augmenteroit avec la cause qui le produit, au point de renverser des galeries à

des distances beaucoup plus grandes que le double de la ligne de M. R. Ces fourneaux, ainsi surchargés, prennent le nom des globes de compression et conviennent aux mines offensives.

De la figure de l'entonnoir.

On a cherché à connoître la figure de l'entonnoir pour en calculer la solidité et régler la charge en conséquence ; mais le résultat de ce que l'on a fait jusqu'à présent n'a rien de bien satisfaisant, et il est probable que tout ce que l'on fera encore ne le sera pas davantage, ainsi qu'on en jugera ci-après.

Fig. 11. Les premiers mineurs regardoient l'entonnoir comme un cône renversé $A\ B\ C$, dont le sommet C étoit au foyer des poudres ; bientôt on s'aperçut, en vidant les entonnoirs, que les terres étoient détachées autour du foyer, et qu'ainsi ce n'étoit pas un cône entier, mais un cône tronqué, $ADEB$. En continuant l'examen des entonnoirs, on reconnut aussi que les terres étoient détachées non-seulement autour des parties latérales du foyer, mais encore au-dessous ; on pensa alors qu'il falloit ajouter au cône tronqué une petite calotte sphérique DFE, et de là est venue l'hypothèse que la figure de l'entonnoir étoit un paraboloïde $GHIKL$ (*fig.* 12) ; et il est à remarquer que dans toutes ces suppositions on admet toujours que le diamètre DE ou HK du petit cercle du cône ou du paraboloïde étoit égal à la ligne de moindre résistance CC, ce qui étoit fort commode pour établir une formule générale propre au calcul de la solidité. Mais les opinions restèrent partagées entre le cône tronqué $ADEB$ sans calotte sphérique et le paraboloïde. Les partisans de ce

cône tronqué prétendent que les terres que l'on trouve meurtries et même détachées en contrebas du foyer ne le sont que par l'effet de la compression et de la filtration du fluide élastique à travers ; mais que, ne faisant pas partie de celles enlevées par l'explosion, on ne devoit pas y avoir égard dans le calcul de la charge. Ceux qui sont pour le paraboloïde disent au contraire que les terres au-dessous du foyer, détachées par la pénétration du fluide, étoient portées de bas en haut par l'effet de son ressort qui, s'appuyant là où finit la pénétration, poussoit devant lui et au dehors tout ce qui avoit été détaché ou pénétré, et que dès-lors on devoit avoir égard, dans l'estimation de la charge, à la masse des terres détachées autour du foyer. Quant à moi j'ai toujours pensé que l'on pouvoit donner aux entonnoirs la figure que l'on voudroit, avec le secours de la pelle et de la pioche, attendu que lorsqu'on les vide il n'est pas possible d'apercevoir, à travers ces décombres et meurtrissures, les limites de la surface du solide enlevé, ni celles des filtrations du fluide élastique à travers les gersures des terres. Ces différentes opinions sur la figure des entonnoirs n'ont pas empêché de constater, après plusieurs expériences, la charge de poudre nécessaire pour produire, dans chaque espèce de terrain et sous une même ligne de moindre résistance, des entonnoirs dont le diamètre supérieur soit double de cette ligne de M. R. Dès-lors la connoissance de l'exacte figure de l'entonnoir est devenue bien moins importante, attendu que sous différentes lignes de M. R. ces figures, quelles qu'elles soient, seront semblables entre elles, et par conséquent à celles des expériences dans des terrains homogènes : d'où il suit que les solidités seront toujours proportionnelles aux cubes de leurs

lignes homologues, c'est-à-dire de leurs lignes de M. R. Ainsi les charges réglées par les expériences suffisent pour régler celle qui convient à toute autre profondeur pour produire un effet semblable, sans y employer d'autre moyen que l'analogie des cubes des lignes de moindre résistance. Mais il faut observer qu'attendu l'extrême variété des terrains on en rencontre rarement qui soient entièrement homogènes avec ceux qui ont servi aux expériences, et de là vient souvent l'incertitude de la charge à employer. Pour l'éviter on n'a rien de mieux à faire qu'à recourir à quelques fourneaux d'épreuve, lorsqu'on est dans le cas d'établir une défense souterraine un peu considérable, en employant à ces épreuves la charge du terrain des expériences le plus semblable à celui sous lequel on doit agir.

Si l'on désire de plus grands éclaircissemens sur la figure des entonnoirs, on les trouvera dans un mémoire du professeur de mathématiques de l'école de Verdun, qui a rassemblé tout ce qui a été fait jusqu'à présent sur cet objet.

Je vais terminer cet article par la table des charges qu'il convient d'employer dans différens terrains sous une ligne de M. R. de 3,25.^{m}, ainsi que du nombre de kilogrammes de poudre qui en résulte par mètre cube à enlever, dans la supposition du cône tronqué dont la solidité est égale à 1,83, qui correspond à $\frac{11}{6}$ du cube de la ligne de moindre résistance.

Charges dans différens terrains sous 3,25 *mètres* (10 pieds) *de ligne de moindre résistance.*

	TOTAL DE LA CHARGE.			QUANTITÉ DE POUDRE pour chaq. mètre cube (29 pieds cub. 300 po. cub.) à enlever dans l'hypothèse du cône tronqué.			
	kilogramm.	livres.	onces.	kilogr.	liv.	onces.	gros.
Terre commune mêlée de gravier.....	50,00	102	3	0,79	1	9	9
Sable fort ou tuf.....	66,54	136	=	1,05	2	2	=
Argile forte ou terre grasse..	71,00	145	2	1,13	2	5	=
Sable mouvant.....	74,86	153	=	1,19	2	7	=
Vieilles maçonneries.....	78,77	161	=	1,25	2	9	=
Pierres de taille ou rocaille..	87,00	177	11	1,38	2	13	=

Du bourrage de la mine.

De même que l'on bourre la charge d'un fusil ou d'un canon pour augmenter son action par la résistance que lui oppose le bourrage, on bourre aussi avec des terres la charge d'un fourneau de mines : mais l'effet de ce bourrage ne doit pas ici se borner à augmenter l'action de la poudre ; il doit encore empêcher que cette action ne se porte le long du rameau qui est le canon de la mine ; en quoi il diffère entièrement du bourrage des autres armes.

Pour remplir cet objet, il faut que le bourrage le long du rameau puisse opposer à l'action des poudres une résistance égale à celle des terres environnantes ; or ces terres résistent en raison de leur masse et en raison de leur ténacité ou de la liaison de leurs parties. L'expérience ayant prouvé que, dans les terrains argileux ou qui ont quelque consistance, la résistance provenant de la ténacité est égale à celle qui

résulte de la masse [1], il s'ensuit que les terres que l'on emploie au bourrage n'ayant plus de ténacité, tandis que celles qui sont autour du fourneau conservent toute la leur, on ne peut atteindre à l'équilibre nécessaire entre ces différentes résistances qu'en suppléant par une masse double à la ténacité qui manque aux terres du bourrage; c'est-à-dire, qu'il faudroit étendre ce bourrage jusqu'à une distance double de la ligne de moindre résistance si on n'y employoit qu'une simple masse de terres: mais il est possible de diminuer cette étendue et de la réduire à une fois et demie la ligne de moindre résistance et même encore à moins, en arc-boutant le bourrage contre chaque châssis avec des bûches, ce qui augmente considérablement la résistance, ou en terminant le bourrage, à la rencontre du rameau bourré, avec un autre rameau ou une galerie qui se trouveroit éloignée des poudres d'environ 1,5 fois la ligne de moindre résistance.

Dispositions pour faire jouer un fourneau.

Fig. 13. On place dans la chambre destinée aux poudres un coffre cubique *A*, dont les dimensions sont proportionnées à la quantité de poudre qu'il doit contenir, à raison de 0,91 kilo-

---

1 Pour connoître le rapport de ces résistances, on a vidé un entonnoir de 3,25 mètres (10^{pieds}) de ligne de moindre résistance, qui avoit été chargé de 50 kilogrammes (102^{lb}) de poudre; on a rétabli le fourneau et le rameau; ensuite on a rempli l'entonnoir avec toutes les terres qui en étoient sorties: le nouveau fourneau, chargé seulement de 25 kilogrammes (51^{lb}) de poudre et bourré comme le premier, a enlevé et porté à même hauteur toutes les terres qui étoient au-dessus. D'où l'on a conclu que la résistance de la ténacité étoit égale à celle de la masse.

Il faut cependant observer que cette règle ne peut pas être générale, puisqu'il y a nécessairement autant de différence entre les ténacités des terrains qu'entre les parties qui les composent.

grammes par décimètre cube ; on verse les poudres dans ce coffre, et on y plonge le bout du saucisson qui a environ trois centimètres de diamètre rempli de poudre et qui est destiné à y porter le feu. Pour maintenir ce bout de saucisson dans le coffre, on le traverse par une cheville en bois, à quinze ou dix-huit centimètres de son extrémité, et on met le couvercle du coffre, sur le bord duquel il y a une échancrure dont l'ouverture peut donner passage au saucisson, mais non pas à la cheville ; le saucisson, étant ainsi maintenu dans les poudres par une de ses extrémités, se loge dans un auget de sapin *BC*, de neuf à douze centimètres de grosseur, placé contre les montans des châssis sur toute l'étendue de la partie du rameau qui doit être bourrée. Ces dispositions étant faites, on remplit les vides qui peuvent se trouver entre la chambre et le coffre des poudres, avec du gazon ou des sacs à terre ; on masque l'ouverture de la chambre par des madriers que l'on arc-boute fortement contre le côté opposé du rameau, et on procède au bourrage en remplissant exactement le rameau avec des terres ou sacs à terre que l'on presse les uns contre les autres avec la demoiselle, observant de ne laisser aucun vide et de placer des bûches de bois en travers du rameau et appuyées contre les montans. Lorsque le bourrage est parvenu à sa fin, on l'arc-boute de nouveau, soit contre le côté d'une galerie ou rameau en retour, comme cela auroit lieu dans la figure 13, soit par un nouveau masque de madriers dont les arc-boutans se fichent en terre. Dans cet état de choses il n'y a plus que le feu à mettre aux poudres, ce qui peut se faire avec le moine ou avec la planchette. Le moine est un morceau d'amadou d'environ trois à quatre centimètres de longueur et d'un centimètre de lar-

geur, pour s'en servir à mettre le feu. Le mineur crève le bout du saucisson et répand autour du pulvérin, qu'il couvre avec un carré de papier maintenu par une petite pierre à chaque angle et percé d'un trou à travers, lequel passe le moine, qui communique aux poudres par une extrémité et déborde le papier par son autre extrémité, à laquelle on met le feu avec un autre bout d'amadou de même dimension que le moine et qui se nomme témoin ; après quoi le mineur se retire, emportant avec lui le témoin allumé, qui lui annonce, en se consommant, l'instant où le feu doit prendre aux poudres.

Ce moyen de mettre le feu n'est point dangereux, mais il arrive assez souvent que le moine s'éteint, soit parce que le mineur l'aura mal allumé, soit par l'humidité du rameau, soit enfin par le défaut de circulation d'air. Pour obvier à cet inconvénient on peut substituer au moine la planchette; *Fig.* 13 *et* 14. qui est composée d'une boîte *a* sans fond ni couvercle, d'environ deux décimètres de base sur cinq décimètres de hauteur, faite avec des planches ou madriers de cinq à six centimètres d'épaisseur, pour lui procurer une assiette ferme; à trois décimètres au-dessus de la base, la boîte est traversée par un tiroir ou petite planchette *b*, d'environ un décimètre d'épaisseur, portée intérieurement et latéralement sur des petits liteaux, et ayant en tête un anneau *c*, pour faire agir le tiroir comme celui d'une table ou commode, avec cette différence que, n'ayant aucun rebord intérieur, il sort librement et entièrement de la boîte. Pour employer cette boîte à mettre le feu aux poudres, le mineur crève le bout du saucisson et répand du pulvérin autour; il place la boîte sur le pulvérin; il attache à la boucle du tiroir le bout d'un petit

petit cordeau *d*, bien détordu, qui a en longueur trois ou quatre fois la ligne de M. R., et qui est maintenu à même hauteur que le tiroir par des bras à mantonnet cloués contre les châssis. Au signal pour mettre le feu, il porte dans la boîte et place sur le tiroir une pelote faite avec de la bonne mèche décordée et bien allumée ; il met sur la boîte un plateau pour lui servir de couvercle, et il se retire ensuite vers l'extrémité du cordeau, qu'il tend d'abord et tire ensuite à lui par un coup ferme, pour faire sortir le tiroir et tomber la pelote sur le pulvérin : ce qui ne peut manquer de mettre le feu, attendu que le tiroir joue librement dans la boîte, qui est beaucoup plus pesante que lui, et que le plateau qui sert de couvercle empêche la pelote de pouvoir sortir au dehors. La seule attention à avoir est d'employer un cordeau bien détordu, et d'abattre à sa hauteur les arêtes des châssis, pour qu'aucun frottement ne puisse l'empêcher d'obéir à l'action du mineur qui le tire à lui.

Indépendamment de ces deux manières de mettre le feu à l'extrémité d'un bourrage, il y en a encore une troisième pour porter le feu directement au coffre des poudres à travers le bourrage ; nous allons en rendre compte en traitant de la fumée que produit dans les galeries l'inflammation des poudres.

De la fumée.

Le plus grand inconvénient que l'on éprouve dans la pratique des mines, vient de la fumée de la poudre qui pénètre dans le rameau et les galeries voisines, et y corrompt l'air déjà stagnant, au point de le rendre mortel pour ceux qui le respirent ; en sorte qu'on est obligé d'abandonner les galeries où elle se trouve répandue, jusqu'à ce qu'on en ait

renouvelé l'air par le moyen du ventilateur (on trouvera la description et l'usage du ventilateur dans un mémoire imprimé de Belidor sur les mines) ; ou que le gaz méphitique se soit précipité, ce qui peut donner à l'ennemi le temps de fouiller l'entonnoir, après la première évacuation de la fumée au dehors, et d'arriver au bourrage du rameau, sans avoir les mêmes dangers à courir, puisque son travail se fait en plein air, dont la libre circulation empêche le gaz méphitique de pouvoir le corrompre au dehors comme il le fait au dedans.

On s'est occupé long-temps, à l'école de Verdun, des moyens de parer ou du moins de diminuer cet inconvénient, et l'on doit au citoyen Rugy, commandant, beaucoup d'expériences intéressantes sur cet objet, et dont nous allons donner un extrait.

La plus grande partie de la fumée produite par l'inflammation des poudres du fourneau est portée au dehors avec les terres de l'entonnoir; une autre partie, qui n'a pu s'échapper ainsi, se filtre au dehors après l'explosion, à travers les terres retombées dans l'entonnoir; et enfin une dernière partie, qui se trouve répercutée au fond de l'entonnoir par ces mêmes terres, et qui ne peut plus avoir de communication au dehors, s'échappe par le canal de l'auget et se répand dans le rameau ou la galerie: mais l'on verra ci-après que l'expérience a prouvé qu'entre l'explosion et l'arrivée de cette portion de fumée à l'orifice de l'auget, un homme a le temps d'aller boucher cet orifice avec des sacs à terre. Ce n'est donc pas la fumée du fourneau même qui est à craindre, mais celle du saucisson qui y communique le feu. Cette dernière est poussée avec violence le long du canal de l'auget, dans le

rameau ou la galerie, dès les premiers instans de l'action de la charge du fourneau contre les parois qui l'environnent, ce qui, en terme de mineur, se nomme le souffle du fourneau.

Cette fumée, produite par l'effet du saucisson dans les parties du rameau qui avoisinent l'extrémité du bourrage, est plus que suffisante pour les infecter et empêcher le mineur de se porter à l'orifice de l'auget, où arrive bientôt après la partie de la fumée produite par le fourneau, et le tout ensemble se répand dans le rameau ou la galerie, sur une étendue plus ou moins grande, en raison de ce que le fourneau aura produit de fumée, ce qui dépend de la charge et du plus ou du moins de consistance du terrain.

On a donc cherché tous les moyens de pouvoir se garantir des effets de la fumée des saucissons. Le citoyen Rugy a fait faire à ce sujet différentes expériences très-ingénieuses, en variant le tracé des rameaux et la manière de les bourrer. On a construit les rameaux à plusieurs retours, les uns sur les autres, en les diminuant de longueur à mesure qu'ils approchoient du foyer, dans l'espérance de couper le passage à la fumée par la destruction successive de ces différentes branches de rameau. On a ensuite essayé de laisser des vides dans la masse du bourrage, pour servir de réservoirs à la fumée. Mais toutes ces expériences n'ont pas rempli leur objet, et la fumée du saucisson a toujours été portée à l'orifice de l'auget dès les premiers instans de l'inflammation du fourneau, par la raison que nous avons donnée ci-dessus. Il a donc fallu renoncer à l'espoir de se garantir de la fumée du saucisson, et c'est alors que le citoyen Rugy s'est occupé des moyens de porter le feu aux poudres du fourneau, à travers le bourrage, sans le secours des saucissons. Pour

Fig. 15. remplir cet objet on a employé un porte-feu *a*, nommé souris. Pour former la souris, on prend une petite chaînette *bd*, de trois à quatre décimètres de longueur, terminée à chaque extrémité par un petit anneau; sur le milieu de la longueur de cette chaînette on enroule de la mèche décordée ou de la mèche en ficelle, sur environ un décimètre de longueur et trois centimètres de diamètre, et à chaque anneau des extrémités de la chaînette on attache le bout d'un petit cordeau bien détordu et bien souple. Ces deux cordeaux ont une longueur proportionnée à l'espace qu'ils doivent parcourir.

Pour faire usage de la souris, on loge un des deux cordeaux dans un auget *ABEDCF*, placé de chaque côté de la partie du rameau qui doit être bourrée; cet auget a une forme circulaire *BED* à la hauteur du fourneau, ainsi qu'à l'angle *c* : on met ensuite un couvercle sur toute la longueur de l'auget; on charge le fourneau et on bourre le rameau, comme nous l'avons détaillé ci-devant. Au signal pour donner le feu, le mineur allume la souris *a* sur tout son pourtour; puis, se plaçant en *F*, ou plus loin encore s'il est nécessaire, il tire à lui, sans secousse, le cordeau qui est dans l'auget, ce qui y fait entrer la souris qui, en passant sur le pulvérin *e*, répandu au bas du coffre, y met le feu; le second cordeau *dm* suit la souris et sert au mineur à pouvoir la ramener vers l'embouchure *A*, dans le cas où elle viendroit à s'éteindre (ce qui ne peut guères arriver lorsqu'elle aura été bien allumée, à cause de son mouvement qui entretient la combustion), ou lorsque quelque frottement arrêteroit sa marche.

Ce moyen a eu, à différentes fois, le plus grand succès; il garantit de toute fumée, lorsque le rameau est bien bourré et que l'on prend la précaution de se porter, après l'explosion,

à l'entrée *A* de l'auget pour la fermer avec des sacs à terre; mais il a contre lui une très-grande sujétion dans la construction des augets, qui doivent être blanchis intérieurement à la varlope, arrondis à tous les angles et assemblés bien jointivement, pour que rien ne puisse arrêter la marche de la souris. Malgré cela il n'y a pas à hésiter pour lui donner la préférence sur les deux autres. Lorsque l'on voudra rentrer promptement dans les galeries ou rameaux, on en sera quitte pour faire à l'avance une provision d'augets préparés convenablement et prêts à être mis en place.

CHAPITRE IV.

De la disposition des fourneaux entre eux.

Les fourneaux s'établissent sur un même plan imaginé dans le solide des terres à enlever, parallèlement à la surface ou sur différens plans également parallèles à la surface, et situés les uns au-dessus des autres. On espace ceux qui doivent être établis sur un même plan suivant l'objet que l'on se propose de remplir. Si on les destine à jouer séparément, ils doivent être éloignés les uns des autres au moins du double de leur ligne de M. R.; ils prennent alors le nom de fourneaux isolés, et les grands cercles de leurs entonnoirs sont tangens. Si on veut les faire jouer ensemble, on peut les rapprocher plus ou moins, en raison de l'effet qu'ils doivent produire; on les nomme alors fourneaux accolés, et les grands cercles de leurs entonnoirs se coupent.

Pl. 2.

Fig. 16.

Fig. 17 *et* 18.

Lorsqu'on a pour objet de bouleverser entièrement une surface d'un seul coup, alors on peut faire jouer ensemble

plusieurs fourneaux accolés ; lesquels peuvent être situés sur
Fig. 19 une même ligne, ou aux angles d'un triangle *a b c* ou d'un rectangle *e d f g*, ou de toute autre figure dont le point à enlever occuperoit le centre. Si, au contraire, l'on veut embrasser une grande surface d'un seul coup, alors on fait jouer ensemble plusieurs fourneaux isolés dont les circonférences des entonnoirs se touchent ; mais il faut observer que si l'on veut en même temps conserver à ces fourneaux leur propriété de pouvoir jouer séparément, il faut qu'ils soient établis sur une même ligne à laquelle leurs rameaux soient perpendiculaires, en sorte qu'ils ne pourroient être situés aux angles d'un triangle ou d'un rectangle qu'autant que les côtés de ces figures seroient enveloppés de galeries d'où l'on déboucheroit pour arriver séparément à chaque angle.

Les fourneaux accolés s'emploient contre les batteries lorsqu'on se propose d'en bouleverser entièrement le terrain ; les fourneaux isolés s'emploient aussi pour le même objet, ou contre les têtes de sappes ou parallèles, pour embrasser plus de surface sans trop bouleverser le fond.

Lorsque les fourneaux sont isolés, on charge chacun d'eux de la quantité de poudre qui correspond à leur ligne de M. R. ; mais quand les fourneaux sont accolés, on ne doit pas les charger avec autant de poudre que s'ils étoient isolés, attendu qu'alors il y a une portion du solide à enlever sur laquelle les deux fourneaux agissent ensemble. Dans l'hypothèse que la figure de l'entonnoir est un cône tronqué, cette portion du solide forme un double onglet qui a pour base, à la sur-
Fig. 23. face du terrain, *A B C G*, pour hauteur la ligne *I D* du profil, et dont la section verticale suivant cette ligne est une hyper-
Fig. 24. bole *A C D*, qui se trouve tracée en totalité sur le tronc du

cône, tant que la distance entre les fourneaux n'est pas plus petite que leur rayon commun ; mais lorsque cette distance est plus petite que ce rayon, alors il y a une partie de l'hyperbole qui se trouve tracée sur la pointe du cône dont le tronc forme l'entonnoir.

Bezout donne une méthode pour calculer un onglet lorsque la section élémentaire est une parabole ; elle peut servir ici, en substituant l'hyperbole à la parabole.

La solidité de ce double onglet ne devient sensible relativement à la masse entière que lorsque les fourneaux se croisent au moins de tout le rayon du grand cercle des entonnoirs, c'est-à-dire, lorsque les fourneaux sont espacés entre eux d'une quantité égale à leur rayon commun ou à leur ligne de M. R. On donnera ci-après des tables pour les charges de deux fourneaux isolés ou accolés, depuis le point où les circonférences des entonnoirs sont tangentes, jusqu'à celui où elles se confondent.

Pour faire jouer ensemble plusieurs fourneaux, on compasse les saucissons de manière qu'il y en ait une même longueur depuis chaque fourneau jusqu'au foyer commun du feu, en coudant pour cela les saucissons dans les rameaux qui sont plus petits que les autres. Lorsque tous les fourneaux sont placés sur un même plan parallèle à la surface du terrain, on dit alors que cette disposition est à un seul étage ; s'ils sont établis sur différens plans, les uns au-dessous des autres et parallèles entre eux, alors la disposition est à deux ou trois étages, etc. L'objet des différens étages de fourneaux est d'arrêter plus long-temps l'ennemi sur le même point de son attaque, en faisant jouer successivement les fourneaux des différens étages ; lesquels, augmentant de ligne de M. R.

à mesure qu'ils s'éloignent du premier étage, procurent des entonnoirs dont l'effet principal est porté vers ceux de ce premier étage qui, par leur jeu, ont déterminé le foible de ce côté.

Les fourneaux du second étage doivent être éloignés de ceux du premier d'une quantité égale au double de la ligne de M. R. de ces premiers, et il en est de même des troisièmes par rapport aux seconds.

Lorsque la différence de hauteur entre deux étages n'excède pas deux mètres, alors la distance d'un fourneau du second étage à un fourneau du premier peut être mesurée horizontalement, c'est-à-dire que si le fourneau du second étage
Fig. 20. *M* n'est au-dessous des fourneaux *P* du premier étage que d'environ deux mètres, et que ceux-ci aient quatre mètres de ligne de M. R., on fera *M P* égal à huit mètres. Mais si *M* étoit plus bas que *P* d'une quantité plus sensible, telle que quatre mètres, alors, si on faisoit l'horizontale *M P* égale à huit mètres, la distance réelle entre les deux fourneaux, qui est l'hypothénuse d'un triangle rectangle qui a *M P* pour un des côtés contigus à l'angle droit et quatre mètres pour l'autre côté, seroit de près de neuf mètres, ou d'environ un mètre trop forte : il faut donc alors calculer le côté horizontal *M P* d'un triangle rectangle qui doit avoir huit mètres pour l'hypothénuse et quatre mètres pour côté vertical contigu à l'angle droit; on le trouvera d'environ sept mètres.

Rien n'est plus facile que de disposer, d'après ce principe, les fourneaux de différens étages suivant l'objet que l'on se propose de remplir. Le tracé des rameaux ne présente également aucune difficulté, lorsque les fourneaux de chaque étage accolés ou isolés doivent jouer ensemble; mais

ce

ce tracé devient plus embarrassant lorsque l'on veut conserver aux fourneaux isolés la propriété de pouvoir être exécutés séparément et successivement, parce qu'alors les rameaux de chaque étage doivent être disposés de manière à ne pouvoir être atteints par le jeu des fourneaux qui les avoisinent, et doivent par conséquent en être éloignés sur toute leur longueur de deux fois la ligne de M. R., du moins pour les fourneaux du premier étage. Quant à ceux du second étage, il est possible de ne pas observer cette loi à la rigueur, et de réduire la distance d'un rameau à un fourneau voisin à 1,66 ou 1,75 de la ligne de M. R., parce qu'alors, l'effet des seconds fourneaux se portant naturellement vers les entonnoirs du premier étage, ils agissent beaucoup moins sur les autres parties environnantes, et que d'ailleurs les charges des fourneaux d'un second étage ne sont jamais complètes, attendu que la résistance du terrain se trouvant vaincue par l'action des fourneaux du premier étage, ceux du second ont besoin de beaucoup moins de force pour remplir leur objet, qui n'est que de se porter vers les premiers entonnoirs.

Les anciens mineurs faisoient un très-grand cas des fourneaux accolés deux à deux ou trois à trois, que l'on nommoit mine double ou mine tréflée; et le chef-d'œuvre de leur exécution consistoit à bouleverser, depuis le fond jusqu'à la surface, le petit terrain sous lequel ils étoient placés, de manière à ce qu'il n'existât aucune quille ou portion de terrain qui ne fût renversée. Cette manière d'opérer n'exigeoit aucun travail pour le tracé des rameaux, qui se trouvoient entièrement détruits par le jeu des fourneaux; mais aujourd'hui que l'on est bien convaincu que les mines agissent autant par l'effet qu'elles produisent sur l'imagination du

soldat que par la destruction de ses ouvrages, on tâche, autant qu'il est possible, de ménager le jeu des fourneaux pour entretenir la terreur qu'ils impriment, en les faisant jouer successivement, sans s'inquiéter si entre deux entonnoirs d'un étage il existe ou non quelques portions de terrains non bouleversées, mais qui doivent l'être par l'effet des fourneaux de l'étage inférieur. Pour faire connoître par un exemple les avantages de cette manière d'employer les mines, nous allons, appliquer à la destruction d'une batterie *a b c d* de deux obusiers situés au pied des glacis, deux dispositions de fourneaux à deux étages, l'un de 3,25 mètres et l'autre de 6,50 mètres de ligne de M. R. Dans l'une les fourneaux seront accolés et par conséquent destinés à jouer ensemble, et dans l'autre ils seront isolés et pourront être exécutés séparément.

Fig. 21 *et* 22.

Nous profiterons de ces exemples pour donner la manière de régler les pentes des galeries et rameaux, afin d'arriver avec précision aux lignes de M. R. désirées, et nous entrerons encore dans de nouveaux détails, tant sur les charges que sur leurs effets.

Observons d'abord que, lorsqu'il est question de la destruction d'une batterie, on ne doit pas craindre de former des excavations profondes, puisqu'elles donneront d'autant plus d'ouvrage à l'ennemi; c'est pourquoi je propose un étage de 3,25 mètres pour opérer une première destruction et préparer l'effet du second étage, qui, ayant 6,50 mètres de profondeur, produira une excavation assez considérable pour ôter à l'ennemi l'envie de la combler.

La figure 21 est le plan de la première disposition, dont les fourneaux de chaque étage sont accolés et destinés à jouer

ensemble. La seule inspection de cette figure suffit pour faire connoître que les quatre fourneaux *A* et *B* du premier étage détruiront la totalité de l'épaulement et du terre-plein de la batterie, et qu'il en sera de même du jeu des deux fourneaux du second étage, qui, trouvant le foible du côté des deux fourneaux *B*, porteront tout leur effet de ce côté, fouilleront de nouveau les premiers entonnoirs supposés reconiblés par l'ennemi, et détruiront encore une fois l'épaulement de la batterie : on pourra donc au moyen de cette disposition, détruire entièrement, et deux fois de suite, cette batterie. Mais est-il bien nécessaire de détruire à chaque fois l'épaulement et les plate-formes en entier ? Pour résoudre cette question il suffit d'examiner le but que l'on doit se proposer: or, ce but n'est autre que d'empêcher l'ennemi de faire usage de sa batterie; et pour cela il n'est pas nécessaire de la détruire ou raser entièrement, il suffit de l'endommager assez pour mettre les pièces hors de service pendant le plus long temps qu'il est possible d'espérer; et c'est précisément le cas où se trouve la disposition des fourneaux isolés de la figure 22, puisque l'on pourra, en exécutant comme il suit les cinq fourneaux qui la composent, au lieu de six qui se trouvent dans l'autre disposition, détruire la batterie au moins quatre fois au lieu de deux, et doubler par conséquent le temps que l'ennemi perdroit s'il s'obstinoit à la rétablir.

1.° Au moment où l'ennemi démasquera les embrasures de sa batterie, on fera jouer le fourneau *D* du centre, lequel détruira les plate-formes, les embrasures et les deux tiers de l'épaisseur du merlon entre les pièces. 2.° Lorsque ce premier désordre sera réparé et les pièces mises de nouveau

en batterie, on fera jouer le fourneau *E* de la gauche, qui mettra hors de service la pièce qui l'avoisine; et si pendant la réparation de ce second désordre l'ennemi fait servir la pièce de droite, alors, en faisant jouer le fourneau *F*, on la mettra pareillement hors de service comme celle de gauche. 3.° Le second désordre étant réparé, on fera jouer le fourneau du second étage *G*, qui fouillera et videra de nouveau les deux entonnoirs *E* et *D*, dont il versera les terres, avec une partie des siennes, sur le terre-plein de la batterie et sur la partie droite de l'épaulement qui ne sera pas détruite par son effet. 4.° Enfin, le fourneau *H*, jouant à son tour après la troisième réparation, remuera de nouveau les entonnoirs des autres fourneaux, et obligera l'ennemi à une quatrième réparation.

On objectera sans doute que l'ennemi n'aura pas la constance de se prêter à toutes ces réparations, et qu'il préférera, dès la première ou seconde explosion, de changer la position de sa batterie. Je conviens de cela, et je crois même qu'il n'aura pas de meilleur parti à prendre : mais il ne résulte pas moins de la comparaison que nous venons de faire, que la disposition de fourneaux destinés à jouer séparément a bien de l'avantage sur l'autre, en ce qu'elle procure les moyens d'arrêter beaucoup plus long-temps l'ennemi sur un même point, s'il s'obstinoit à vouloir garder sa position; et que pouvant s'appliquer avec quelques modifications contre les batteries de brèche dont la position est déterminée, ou contre les têtes de sappe et les logemens sur les saillans des chemins couverts, elle doit être préférée à tous égards, d'autant mieux encore qu'elle se prête aisément, comme nous le verrons dans la troisième partie de ces mémoires, à toutes les chi-

canes souterraines que l'on peut faire éprouver à l'ennemi, dans les fouilles qu'il fait faire pour assurer sa marche et ses logemens sur la crête du chemin couvert.

Rien n'est plus facile que de régler les pentes des galeries et rameaux. On trace sur la surface du terrain le plan projeté, ainsi que la position de la galerie d'écoute ou de communication que nous supposons faire partie des galeries défensives de la place, et dont la profondeur est censée connue. On fait ensuite un nivellement de sonde sur toute la surface, en donnant un coup de niveau sur les points qui marquent les intersections des centres des galeries et rameaux, ainsi que les emplacemens des fourneaux; ce qui suffit pour régler les pentes. On écrit sur le plan les cotes qui correspondent à la surface du terrain, et à côté on écrit avec une encre d'une autre couleur les cotes des galeries et rameaux qui doivent y correspondre. Supposons, par exemple, que la surface du terrain sous lequel on doit exécuter la disposition de fourneaux de la figure 22 soit de niveau ou à peu près; que la galerie d'écoute IK a 6,50 mètres de ligne de M. R., et que le plan de sonde passe à deux mètres au-dessus de la surface du terrain : alors toutes les cotes de cette surface seront exprimées par deux mètres, et celles en dessous, qui correspondent aux différens débouchés à pratiquer dans l'écoute IK seront, 8,50 mètres; les cotes en dessous pour les fourneaux du second étage seront pareillement 8,50, et celles des fourneaux du premier étage 5,25 mètres. Il ne s'agit donc plus que de diviser la différence des cotes de dessous par la longueur du chemin que l'on doit parcourir pour avoir la pente à suivre. Ainsi donc, pour arriver depuis le débouché M jusqu'au fourneau D, je divise la différence

3,25 mètres entre les cotes du dessous par $MD = 18,60$ mètres, et le quotient 0,17 mètres m'indique la pente montante par mètre courant. Pareillement j'aurai la pente à suivre pour arriver aux fourneaux E ou F, en divisant 3,25 mètres par la longueur développée de la demi-galerie et des trois bouts de rameaux, qui ont ensemble 20,86 mètres, et dont le quotient 0,15 mètres me fera connoître de combien il faudra monter par mètre courant. Enfin, les fourneaux du second étage étant de niveau avec l'écoute, les galeries et rameaux qui doivent y conduire marcheront aussi de niveau.

Cet exemple doit suffire pour faire connoître combien il est facile de régler les pentes à suivre, quelle que soit la situation de la surface du terrain.

Lorsque le chemin qui doit conduire depuis l'écoute IK à un fourneau, a une longueur plus grande que celle qui peut être destinée au bourrage, alors on construit d'abord cet excédant de longueur en demi-galerie, comme on le voit aux deux plans ci-dessus, pour se ménager un plus grand volume d'air, qui pourroit manquer sans cette précaution.

Les fourneaux du premier étage de la figure 21 ne se croisant pas assez dans le sens de AB pour que l'on soit dans le cas d'avoir égard au solide commun sur lequel ils agissent, on donnera à chacun d'eux la charge correspondante à leur ligne de M. R.; mais ceux du second étage se croisant de 3,25 mètres ou de la moitié de leur rayon commun, la charge de chacun d'eux doit être diminuée d'environ 0,025, qui, dans un terrain exigeant 0,79 kilogrammes par mètre cube, répond à environ 9,78 kilogrammes.

Les fourneaux du premier étage de la figure 22 étant isolés, nous ne ferons qu'une seule observation relative à

leur charge; c'est que l'on pourra surcharger de quelques kilogrammes ceux *E* et *F*, pour augmenter l'action vers le centre de la batterie, sans rien craindre pour le second étage, attendu que, le premier fourneau *D* ayant déjà ébranlé la masse des terres comprises entre le diamètre de son entonnoir et les fourneaux *E* et *F*, l'action de la commotion de ces derniers, toujours proportionnée à la durée de la résistance, sera moindre que si le fourneau *D* n'avoit pas joué, et la plus grande partie de l'effet de ces fourneaux collatéraux se portera vers *D*, dont le jeu aura déterminé le foible par l'ébranlement des parties adjacentes aux lèvres de l'entonnoir.

Quant aux fourneaux *G* et *H* du second étage, ils rempliront l'objet qu'on en attend, en réduisant à 0,66 la charge qui conviendroit à leur ligne de M. R., s'ils ne devoient pas agir comme second étage, dans un terrain déjà vidé par l'effet du premier qui a déterminé la ligne de M. R. vers ce terrain à une distance de *G* d'environ 5 mètres au lieu de 6,5o, comme on peut en juger par le profil sur *E G*, en sorte que l'on pourroit charger ces seconds fourneaux, comme pour une ligne de M. R., de 5 mètres au lieu de 6,5o ; et les cubes de ces nombres étant entre eux environ comme 1 est à 2, il s'ensuit qu'à la rigueur la charge pourroit être réduite à moitié, si elle ne devoit pas agir sur la masse des terres de l'entonnoir *E*, que nous supposons recomblé. Or cette masse exige, comme nous l'avons vu, une charge égale à la moitié de celle du fourneau *E*, et la charge de *E* étant à celle de *G* :: 1 : 8, l'augmentation à faire pour la masse de *E* sera de 0,06 de *G*; en sorte que la totalité de la charge de ce fourneau doit être de 0,5o + 0,06 de *G* = 0,56, que je porte à 0,6o *Fig. A.*

C'est en conséquence de cette diminution de charge, et par conséquent d'effet, que j'ai tenu les rameaux de ce second étage à une distance du fourneau opposé, moindre que le double de la ligne de M. R., en les plaçant à onze mètres au lieu de treize; mais ils n'y auront rien à craindre, puisque, la vraie ligne de M. R. étant cinq mètres, on auroit pu les rapprocher du fourneau opposé jusqu'à dix mètres : si ces fourneaux devoient jouer sans être précédés par d'autre, alors il faudroit les charger en entier et disposer le petit retour du rameau en sens contraire, ou bien tracer le rameau entier suivant les lignes ponctuées, comme on le voit pour le fourneau *H*.

Il résulte de ce qui précède, que, dans toute disposition de fourneaux isolés, ceux du premier étage doivent être éloignés les uns des autres de deux fois leur ligne de M. R. pour être entièrement à l'abri, et que les rameaux qui y conduisent doivent pareillement être disposés de manière à se trouver sur toute leur longueur à la même distance de deux fois la ligne de M. R. des fourneaux collatéraux, mesure prise de centre en centre; mais que les fourneaux et rameaux du second étage peuvent être rapprochés entre eux en raison de la diminution que leur ligne de M. R. éprouve par l'action des fourneaux de l'étage supérieur.

On a fait à Verdun beaucoup d'expériences pour s'assurer jusqu'à quel point on pouvoit approcher les fourneaux les uns des autres, lorsqu'ils sont dans un même plan par rapport à la surface du terrain, ou lorsqu'ils sont dans différens plans situés les uns au-dessous des autres; mais il en est résulté autant de variations qu'il pouvoit y en avoir dans les terrains sur lesquels on opéroit : tel fourneau d'un second étage, placé à une fois et demie la ligne de M. R. de ceux du premier

mier étage a été conservé, tandis que d'autres placés de même ont été atteints, par l'effet sans doute de quelques différences dans la nature des terres intermédiaires entre les fourneaux des deux étages. On a cependant observé assez généralement que la distance entre les fourneaux d'un même étage, que l'on veut rendre indépendans les uns des autres, doit être plus grande qu'une fois et demie leur ligne de moindre résistance, et qu'on devoit les espacer à deux fois cette ligne, mesure prise de centre en centre, afin d'assurer les extrémités des rameaux sur le flanc desquels s'établissent les fourneaux; en sorte que si l'étage a 3,25 mètres (10^{pieds}) de ligne de moindre résistance, les fourneaux doivent être espacés à 6,50 mètres (20^{pieds}) les uns des autres, et il doit y avoir alors au moins 5,50 mètres (17^{pieds}) de distance entre le centre des poudres et les parois des rameaux et galeries environnantes que l'on veut conserver. On a pareillement observé que la distance entre les fourneaux d'un étage et les fourneaux ou rameaux d'un étage inférieur pouvoit diminuer suivant que les différentes couches du terrain devenoient plus compactes en s'éloignant de la surface; en sorte que si les trois ou quatre premiers mètres (9 ou 12^{pieds}) de profondeur d'un terrain sont composés de terres ordinaires mêlées de sable ou gravier, et qu'ensuite le terrain devienne plus compact et soit formé d'argile ferme, de rocailles ou bancs de pierre, alors la distance entre les fourneaux et rameaux de deux étages pourra être entre une fois et demie et deux fois la ligne de moindre résistance des premiers fourneaux. Mais pour fixer exactement cette distance, il ne faudra pas s'en rapporter uniquement au raisonnement que l'on pourroit faire sur la différence de résistance que doivent opposer des masses plus ou moins compactes; il faudra encore y joindre quelques expériences sur le terrain même où l'on doit agir.

Je vais terminer cette première partie du Traité de fortification souterraine par les tables, dont j'ai parlé ci-devant, des charges que l'on doit employer pour les fourneaux isolés ou accolés, depuis le point où les circonférences des entonnoirs sont tangentes jusqu'à celui où elles se confondent.

Les tables pour les charges des fourneaux accolés ont été calculées d'après la formule générale résultant de la solution du problème suivant.

PROBLÈME.

Déterminer le solide formé par la pénétration de deux cônes droits égaux dont les axes sont parallèles et dont les hauteurs sont égales aux diamètres des bases.

Fig. 17 et 18. Soient les deux cônes droits égaux KLG, BEM, qui se pénètrent d'une quantité quelconque représentée par BG sur les bases supérieures : BDG sera le profil du solide cherché, et $ABCG$ en sera la base supérieure. Si l'on coupe ce solide par un plan DI, parallèle aux axes et dirigé suivant la corde AC, on le partagera en deux parties égales; chacune d'elles formera un onglet $abcd$ (*fig.* 23), qui aura pour base supérieure le segment connu $abcia$ ou $ABCIA$, et pour coupe verticale, suivant ac, une hyperbole acd. Mais la seule inspection de la figure — *Fig.* 17. fait voir que l'onglet $abcd$ est égal à la pyramide $abce$ moins la pyramide $acde$; ainsi on aura $2 \times abcd = 2 \times (abce - acde)$: or $abce = abc \times \frac{1}{3} ge$, et puisque la section acd est parallèle à l'axe, la pyramide $acde$ sera égale à $acd \times \frac{1}{3} gi$; donc $2 \times abcd = 2. (abc \times \frac{1}{3} ge - acd \times \frac{1}{3} gi)$.

Représentons par r le rayon bg ou BG; par a, la flèche

connue bi ou BI ; par $2c$ la corde ac ou AC ; et par S, la surface connue du segment abc ou ABC : la pyramide $abce$ ou $abc \times \frac{1}{3} ge$ sera $S \times \frac{2}{3} r$, puisque, d'après l'hypothèse, $ge = 2bg = 2r$. Pour avoir l'autre pyramide $acde$, il faut multiplier la surface de l'hyperbole acd par $\frac{bg-bi}{3} = \frac{r-a}{3}$. Sur quoi j'observe que si l'on cherche la surface de l'hyperbole par les moyens d'approximation connus, alors on ne pourra avoir l'expression générale du solide cherché que par une longue formule, qui contiendra des quantités difficiles à ramener à celles qui sont connues, puisqu'il faudra faire entrer dans ce calcul au moins le premier axe de l'hyperbole, qui variera nécessairement autant que la courbe. C'est qui m'a déterminé à suivre la méthode que l'on trouve dans la Géométrie pratique de Clermont, qui toise l'hyperbole comme la parabole, c'est-à-dire par les deux tiers du rectangle circonscrit, en sorte que, dans cet exemple, la pyramide $acde$ sera $\frac{2}{3} \times (ac \times id) \times \left(\frac{r-a}{3}\right)$; or, $id = ID = 2BI = 2a$; donc $acde = \frac{2}{3}(2c \times 2a) \times \left(\frac{r-a}{3}\right) = \frac{8}{9} ac \times (r - a)$; donc enfin le solide cherché $2.(abcd) = 2 \times (S \times \frac{2}{3} r - [\frac{8}{9} ac \times (r - a)])$: c'est-à-dire, qu'il faut multiplier le segment ABC par les deux tiers du rayon ; multiplier ensuite les huit neuvièmes du produit de la flèche et de la demi-corde par l'excès du rayon sur la flèche ; retrancher ce second solide du premier, et prendre le double du reste.

Examinons présentement ce qui arrivera si, au lieu des deux cônes entiers KLG, BEM, ce sont les deux cônes tronqués $KNRG$, $BPFM$, à bases parallèles, et égaux, qui

se pénètrent. Ces deux cônes ayant pour hauteur et pour diamètre inférieur le rayon des bases supérieures, il est évident, par l'inspection des figures 17 et 23, que la formule précédente conviendra tant que la ligne BG, qui mesure sur les bases supérieures la pénétration des deux troncs de cône, ne sera pas plus grande que le rayon de ces bases, puisque, dans cet exemple où $BG = GM$, l'hyperbole acd rencontre l'extrémité d de la base inférieure du tronc. Mais si BG (*fig.* 18 *et* 24) devient plus grand que le rayon BS, alors, une partie $qpod$ du solide $abcd$ étant au dehors de la base inférieure du tronc, le solide que l'on auroit en suivant la formule précédente, seroit trop grand d'une quantité représentée par le double de $qpod$: il faut donc chercher une autre expression pour tous les cas où BG sera plus grand que le rayon BS.

Le solide $abcqpo = abcd - qpod$; or $qpod$ se mesurera de la même manière que $abcd$, c'est-à-dire, qu'en représentant le rayon Pr par r', la flèche $pt\,PT$ par a', la corde oq par $2c'$, et le segment qpo par S', on aura $qpod = s' \times \frac{2}{3}r' - \frac{8}{9}a'c' \times (r' - a')$. Mais, d'après les données du problème, $r' = \frac{1}{2}r$, et pour avoir $a' = PT$, j'observe que $DI : DT :: BI : BT$; or $DI = BG = 2a$, et $TI = BS = r$; donc $DT = DI - TI = 2a - r$; donc, en substituant les valeurs algébriques, on aura $2a : 2a - r :: a : PT = \frac{2aa - ar}{2a} = a - \frac{1}{2}r$; donc $a' = pt = a - \frac{1}{2}r$. Substituant les valeurs de $a'r'$ dans l'expression ci-dessus du petit solide $qpod$, on trouvera $qpod = \frac{1}{3}S'r - \left[\frac{8}{9}(ac' - \frac{1}{2}rc').(r - a)\right]$: retranchant cette quantité de $abcd$, on trouvera, après les réductions, $abcqpo = \frac{1}{3}r \times (2S - S') - \left[\frac{8}{9}ac + (\frac{8}{9}c' \times$

$(a - \frac{1}{2}r))] \times (r - a)$, dont le double sera le solide entier tronqué que l'on cherche. Je laisse aux amateurs de calcul le soin de chercher une méthode plus simple.

On peut se convaincre de la justesse de cette seconde formule en l'appliquant au cas où les deux troncs se confondent en un seul; car on trouvera pour l'expression du solide celle du tronc du cône, que nous avons dit ci-devant être égale aux $\frac{11}{6}r^3$. En effet, dans ce cas les segmens S et S' devenant des demi-circonférences semblables, S' sera le quart de S, puisque son rayon est la moitié de l'autre; ainsi $\frac{1}{3}r \times (2S - S')$ deviendra $\frac{1}{3}r \times (2S - \frac{1}{4}S) = S \times \frac{7}{12}r$: et puisqu'alors la flèche a est égale au rayon r, le second terme $- \frac{8}{9}ac +$ etc... sera zéro, puisque le multiplicateur $r - a$ devient zéro. Il restera donc, pour l'expression du demi-solide, $S \times \frac{7}{12}r$; or la demi-circonférence $S = \frac{11}{7}rr$; donc $S \times \frac{7}{12}r = \frac{11}{7}rr \times \frac{7}{12}r = \frac{11}{12}r^3$, dont le double sera $\frac{11}{6}r^3$, qui est la valeur du tronc de cône.

C'est d'après ces principes que l'on a calculé les tables que l'on trouvera après celles pour les fourneaux isolés.

TABLE DES CHARGES

Pour les fourneaux isolés dans un terrain qui exige douze lb *par toise cube, ou 0,79 kilogrammes par mètre cube, pour produire un entonnoir d'un diamètre double de la ligne de moindre résistance.*

LIGNES de moindre résistance.		CHARGES DES FOURNEAUX.		LIGNES de moindre résistance.		CHARGES DES FOURNEAUX.	
Mesures anciennes.	Mesures nouvelles.	Poids anciens.	Poids nouveaux.	Mesures anciennes.	Mesures nouvelles.	Poids anciens.	Poids nouveaux.
pi.	mèt.	liv.	kil.	pi.	mèt.	liv.	kil.
6	1,95	22	10,78	21	6,82	943	462,25
7	2,27	35	17,16	22	7,15	1084	531,37
8	2,60	52	25,49	23	7,47	1238	606,86
9	2,92	74	36,27	24	7,80	1408	690,14
10	3,25	102	50,00	25	8,12	1591	783,82
11	3,57	135	66,17	26	8,45	1790	877,45
12	3,90	176	86,76	27	8,77	2005	982,08
13	4,22	224	109,80	28	9,10	2235	1095,58
14	4,55	279	136,76	29	9,42	2482	1216,66
15	4,86	344	168,62	30	9,75	2750	1348,04
16	5,20	417	204,41	31	10,07	3033	1486,76
17	5,52	500	245,10	32	10,40	3337	1635,78
18	5,85	594	291,17	33	10,72	3660	1794,11
19	6,17	698	342,15	34	11,05	4002	1961,76
20	6,50	815	398,56	35	11,37	4364	2139,21

TABLE DES CHARGES

Pour deux fourneaux qui doivent jouer ensemble, depuis le point où les circonférences sont tangentes, jusqu'à celui où elles se confondent, dans un terrain qui exige douze lb *par toise cube, ou 0,79 kilogrammes par mètre cube, pour produire un entonnoir d'un diamètre double de la ligne de moindre résistance.*

LIGNES de moindre résistance.		PETIT AXE du solide commun, ou quantité du rayon dont les cercles se coupent.		CHARGE nécessaire pour le solide commun.		CHARGE réunie des deux fourneaux, déduction faite de celle du solide commun.	
Mesures anciennes.	Mesures nouvelles.	Mesures anciennes.	Mesures nouvelles.	Poids anciens.	Poids nouveaux.	Poids anciens.	Poids nouveaux.
		Rayon.	Rayon.	liv. onc.	kil.	liv. onc.	kil.
		z z	z z	z z	z z	204. z	100,00
		z 1/4	0, 25	z 14	0, 42	203. 2	99,58
		z 1/3	0. 33	1. 11	0, 83	202. 5	99,17
		z 1/2	0, 50	4. 14	2, 38	199. 2	97,62
pieds.	mèt.	z 2/3	0, 66	9. 13	4, 81	194. 3	95,19
10	3, 25	1. z	1, 00	25. 8	12, 50	178. 8	87,50
		1. 1/3	1, 33	44. 8	21, 82	159. 8	78,18
		1. 1/2	1, 50	57. 8	28, 18	146. 8	71,84
		1. 2/3	1, 66	74. z	36, 27	130. z	63,73
		2. z	2, 00	102. z	50, 00	102. z	50,00
		z z	z z	z z	z z	352. z	173,52
		z 1/4	0, 25	1. 10	0, 78	350. 6	172,74
		z 1/3	0, 33	2. 14	1, 40	349. 2	172,12
pieds.	mèt.	z 1/2	0, 50	8. 7	4, 13	343. 9	169,39
12	3, 90	z 2/3	0, 66	16. 15	8, 33	335. 1	165,19
		1. z	1, 00	44. 4	21, 69	307. 12	151,83
		1. 1/3	1, 33	76. 7	37, 47	275. 9	136,05
		1. 1/2	1, 50	99. z	48, 53	253. z	124,99
		1. 2/3	1, 66	127. 8	62, 50	224. 8	111,02
		2. z	2, 00	176. z	86, 76	176. z	86,76

Digitized by Google

LIGNES de moindre résistance.		PETIT AXE du solide commun, ou quantité du rayon dont les cercles se coupent.		CHARGE nécessaire pour le solide commun.		CHARGE réunie des deux fourneaux, déduction faite de celle du solide commun.	
Mesures anciennes.	Mesures nouvelles.	Mesures anciennes.	Mesures nouvelles.	Poids anciens.	Poids nouveaux.	Poids anciens.	Poids nouveaux.
		Rayon.	Rayon.	liv. onc.	kil.	liv. onc.	kil.
		z z	z z	z z	z z	688. z	337,24
		z 1/4	0,25	3. z	1, 47	685. z	335,77
		z 1/3	0,33	5. 10	2, 76	682. 6	334,18
		z 1/2	0,50	16. 8	8, 09	671. 8	329,15
pieds.	mèt.	z 2/3	0, 66	33. 3	16, 28	654. 13	320,96
15	4, 86	1. z	1,00	86. 7	42, 35	601. 9	294,89
		1. 1/3	1,33	150. z	73, 53	538. z	263,71
		1. 1/2	1,50	194. z	95, 09	494. 2	242,15
		1. 2/3	1,66	249. 8	122, 30	438. 8	214,94
		2. z	2,00	344. z	168, 62	344. z	168,62
		z z	z z	z z	z z	1188. z	582,35
		z 1/4	0,25	5. 3	2, 56	1182. 13	579,79
		z 1/3	0,33	9. 12	4, 78	1178. 4	577,57
		z 1/2	0,50	28. 8	13, 97	1159. 8	568,38
pieds.	mèt.	z 2/3	0,66	57. 6	28, 12	1130. 10	554,23
18	5, 85	1. z	1,00	149. 8	73, 28	1038. 8	509,07
		1. 1/3	1,33	258. z	126, 47	930. z	455,88
		1. 1/2	1,50	334. z	163, 72	854. z	418,63
		1. 2/3	1,66	430. z	210, 78	758. z	371,57
		2. z	2,00	594. z	291, 17	594. z	291,17
		z z	z z	z z	z z	1630. z	800,00
		z 1/4	0,25	7. 2	3, 49	1622. 14	796,51
		z 1/3	0,33	13. 5	6, 47	1616. 11	793,53
		z 1/2	0,50	39. 2	19, 18	1590. 14	780,82
pieds.	mèt.	z 2/3	0,66	78. 10	38, 54	1551. 6	761,46
20	6, 50	1. z	1,00	204. 13	100, 38	1425. 3	699,62
		1. 1/3	1,33	344. z	168, 62	1286. z	631,38
		1. 1/2	1,50	448. z	219, 60	1182. z	580,40
		1. 2/3	1,66	580. z	284, 31	1050. z	515,69
		2. z	2,00	815. z	400, 00	815. z	400,00

LIGNES de moindre résistance.		PETIT AXE du solide commun, ou quantité du rayon dont les cercles se coupent.		CHARGE nécessaire pour le solide commun.		CHARGE réunie des deux fourneaux, déduction faite de celle du solide commun.	
Mesures anciennes.	Mesures nouvelles.	Mesures anciennes.	Mesures nouvelles.	Poids anciens.	Poids nouveaux.	Poids anciens.	Poids nouveaux.
		Rayon.	Rayon.	liv. onc.	kil.	liv. onc.	kil.
		z z	z z	z z	z z	2816. z	1380,28
		z 1/4	0, 25	12. 5	6, 03	2803. 11	1374,25
		z 1/3	0, 33	23. 1	11, 31	1792. 15	1368,97
		z 1/2	0, 50	67. 9	33, 11	2748. 7	1347,17
pieds.	mèt.	z 2/3	0, 66	135. 15	66, 64	2680. 1	1313,64
24	7, 80	1. z	1, 00	354. z	173, 53	2462. z	1206,75
		1. 1/3	1, 33	618. z	300, 00	2204. z	1080,28
		1. 1/2	1, 50	791. z	387, 74	2025. z	992,26
		1. 2/3	1, 66	1019. z	500, 00	1797. z	880,28
		2. z	2, 00	1408. z	690, 14	1408. z	690,14

Digitized by Google

TRAITÉ

DE LA

FORTIFICATION SOUTERRAINE.

SECONDE PARTIE.

ESSAI SUR LA THÉORIE DES MINES.

CHAPITRE PREMIER. *

De la poudre à canon.

La poudre étant la cause de l'effet des mines, il est naturel de commencer par faire connoître les différentes substances qui la composent ; ce sont l'eau, le salpêtre ou nitre, le soufre et le charbon : les propriétés de la poudre dépendent des proportions et de l'intime aggrégation de toutes ces substances.

Avant de parler des principes constituans de la poudre, on croit devoir donner quelques notions d'une substance

---

* Ce que l'on trouvera dans ce chapitre concernant la chimie, a été extrait du Traité élémentaire de chimie, de Lavoisier, 3.e édition.

qui paroît se trouver dans tous en plus ou moins grande proportion, et que l'on nomme *calorique*.

On ne peut guères faire connoître que par ses effets un objet qui échappe autant à nos sens. On dira donc que le calorique est la cause de la chaleur; que cet agent, combiné avec une substance en différentes proportions, la rend solide, liquide et gazeuse : l'eau, qui devient alternativement glace, liquide et gazeuse, en fournit un exemple.

L'expérience des liquides qui se changent en gaz sous le récipient de la machine pneumatique, lorsque le vide y est fait, prouve que le poids de l'atmosphère diminue l'action du calorique.

On sait aussi qu'il augmente le volume qu'occupe un gaz. Une vessie pleine d'air atmosphérique, que l'on approche du feu, se distend plus ou moins en raison de la chaleur à laquelle elle est exposée.

On voit donc que la température et la pression de l'atmosphère influent sur le volume qu'occupent les différens gaz. Pour les ramener à un état uniforme dans lequel ils puissent être comparés, on est convenu de supposer les gaz à la température de dix degrés du thermomètre de Réaumur, et à une pression constante égale à vingt-huit pouces (0,76^{e}) de mercure. Ils seront supposés ramenés à cet état quand on parlera dans la suite de leur pesanteur spécifique.

Pour déterminer le calorique qui se perd dans les combinaisons chimiques, on fait les opérations dans une sphère de glace; en mesurant la quantité de glace qu'elles ont fait fondre, on trouve le rapport des diminutions de calorique qu'éprouvent les capacités des corps.

De l'eau.

L'eau est une substance composée de quatre-vingt-cinq parties en poids d'oxigène, et de quinze parties d'hydrogène. La décomposition et recomposition de l'eau, opérée par Lavoisier, ne laisse plus aucun doute sur les principes qui la constituent.

On sait même que chaque livre d'oxigène laisse échapper dans la formation de l'eau assez de calorique pour fondre 523 liv. (255$^{kil.}$ 75$^{c.}$) de glace, et qu'elle en conserve assez pour en fondre 14 liv. (6$^{kil.}$ 85$^{c.}$); il reste en outre dans l'eau tout le calorique qui retenoit l'hydrogène dans son état gazeux. La poudre en séchant perd un poids à peu près égal à celui de l'eau qui a servi à sa confection, de manière que l'existence dans la poudre d'une quantité d'eau quelconque est encore incertaine.

Du salpêtre.

Le salpêtre est une combinaison de l'acide nitrique avec la potasse. Cet acide, tel qu'il est dans le salpêtre, contient environ trois cent soixante-treize parties d'oxigène, et quatre-vingt-seize parties d'azote.

La potasse est une substance que l'on n'est pas encore parvenu à décomposer; elle se retire des cendres qui proviennent de la combustion des végétaux. En faisant passer de l'eau à travers ces cendres, elle se charge de la potasse, qui est soluble; elle laisse les cendres, qu'elle ne peut dissoudre : en faisant ensuite évaporer l'eau, on obtient la potasse sous forme blanche et concrète.

Une quantité quelconque de salpêtre contient environ

quarante-cinq parties de potasse, et quarante-sept parties d'acide nitrique sec. Le salpêtre s'extrait par la lixiviation des décombres des vieux bâtimens, de la terre des caves, des écuries, des granges et en général de tous les lieux habités. L'acide nitrique se trouve uni dans ces terres à la chaux, à la magnésie, quelquefois à l'alumine; mais l'affinité que l'acide nitrique a pour la potasse étant plus grande que celle que cet acide a pour les autres substances dont on vient de parler, la potasse a la propriété de les précipiter. La formation du salpêtre est fondée sur ce principe: c'est en mêlant les terres ou décombres qui contiennent les nitrates de chaux et d'alumine ou de magnésie, avec des cendres végétales qui contiennent de la potasse, que l'acide nitrique, au moyen de l'eau qui le dissout, quitte les autres bases auxquelles il étoit uni, pour devenir nitrate de potasse.

La séparation et le raffinage du salpêtre sont fondés sur un autre principe; c'est qu'il est plus soluble à chaud qu'à froid, tandis que les autres sels avec lesquels il se trouve mêlé, ou sont également solubles à froid et à chaud, ou ne sont pas susceptibles de se cristalliser.

Lorsque la liqueur qui contient le salpêtre dissous dans l'eau bouillante avec les autres sels, commence à se refroidir, le salpêtre se cristallise: il contient toujours un peu de ces autres sels; mais en répétant sa dissolution dans une eau bouillante toujours nouvelle, et sa cristallisation par le refroidissement de la liqueur, il se trouve, à la troisième opération, propre à la fabrication de la poudre.

Digitized by Google

Du soufre.

Le soufre est une substance combustible que l'on n'a pas encore décomposée. Il se trouve tout formé dans le produit des volcans et dans les pyrites martiales. On le rencontre encore plus souvent dans l'état d'acide sulfurique, c'est-à-dire, combiné avec l'oxigène. Le carbone, dont on va parler, ayant à une certaine température plus d'affinité que le soufre pour l'oxigène, s'emploie pour ramener l'acide sulfurique à l'état de soufre : on y parvient en le combinant à une chaleur rouge avec le carbone.

Du charbon.

Le charbon qui entre dans la composition de la poudre, se tire des végétaux. Celui qui contient avec le carbone le moins de substances hétérogènes, est le plus propre à la composition de la poudre. Le charbon du bois de bourdaine a été long-temps regardé comme le meilleur : des expériences faites à Essonne donnent l'avantage à celui de peuplier. Le bois que l'on veut carboniser en grand, se pose en tas, se recouvre de terre, à travers laquelle on ne ménage avec l'air extérieur que les communications nécessaires pour entretenir la chaleur suffisante, et faire volatiser en gaz l'eau et les huiles qui se trouvent dans la substance du bois.

Pour analyser le charbon on se sert de deux moyens, sa combustion au moyen de l'oxigène, et son oxigénation par l'acide nitrique. On le convertit dans ces deux cas en acide carbonique. Dans ce qui reste de fixe après la conversion du carbone en acide carbonique, on trouve de la chaux, de la potasse et quelques sels neutres.

Proportions des substances qui entrent dans la composition de la poudre.

On n'a pas encore déterminé par des expériences authentiques les proportions les plus avantageuses à suivre relativement aux différentes substances qui entrent dans la composition de la poudre.

Sur cent parties on en met ordinairement soixante et quinze de salpêtre, douze et demie de soufre, et douze et demie de charbon. On y joint ensuite dix parties d'eau par cent parties de ce mélange.

La poudre de mine contient soixante-cinq parties de salpêtre, vingt de soufre, et quinze de charbon.

On a fabriqué, depuis la révolution, de la poudre avec soixante et dix-sept parties de salpêtre, sept parties de soufre et dix-sept de charbon. On y mêle ensuite quinze parties d'eau par cent parties. D'après les expériences relatées dans la troisième édition de l'Aide-mémoire d'artillerie, cette poudre s'est trouvée supérieure, pour le service des bouches à feu, à celle précédemment employée.

On observe qu'en séchant la poudre perd à peu près un poids égal à celui de l'eau qui a servi à sa confection.

De la détonation de la poudre.

On a vu que les élémens des différentes substances qui entrent dans la composition de la poudre, sont le carbone, le soufre, l'azote, l'oxigène, la potasse et peut-être l'hydrogène, s'il y reste de l'eau. Ces substances s'y trouvent dans l'état concret. La détonation de la poudre a lieu par la réduction

tion subite en gaz de celles de ces substances qui en sont susceptibles.

La détonation du salpêtre et du charbon, faite dans l'appareil pneumato-chimique, a donné du gaz azote et du gaz acide carbonique. On ne connoît pas encore les quantités précises des produits de la détonation : on croit que s'il reste dans la poudre une portion de l'eau qui a servi à unir les substances qui la composent, cette eau est aussi réduite en gaz; on sait qu'à la température de dix degrés et à la pression de 0,67 centimètres (28$^{po.}$) de mercure, elle occupe un espace 1700 ou 1800 fois plus grand que dans son état ordinaire; peut-être aussi est-elle décomposée, et l'hydrogène devenant libre augmente-t-il encore la force de la poudre, en raison du grand volume qu'une très-petite quantité de cette substance concrète est susceptible d'occuper quand elle devient gazeuse.

L'odeur de la poudre prouve qu'il se forme du gaz hydrogène sulfuré; il reste pour résidu de la détonation, de la potasse et du sulfure de potasse.

Tous les effets de la détonation s'expliquent très-facilement par le passage subit des substances concrètes de la poudre à l'état gazeux. Quand on aura déterminé par l'expérience les quantités précises de chaque espèce de gaz qui se développent, et l'espace que le même poids de chacun d'eux occupe à une température et à une pression de l'atmosphère déterminées, on aura les premiers élémens de la force de la poudre; on devra ensuite combiner avec ces élémens l'augmentation ou la diminution de dilatation qu'éprouvent les gaz, soit par la variation de l'atmosphère, soit

par la différence de la température à laquelle ils se trouvent lors de la détonation.

On ne connoît point encore de travail complet sur cet objet. On sait seulement qu'une livre de charbon combinée avec deux livres, neuf onces, un gros, dix grains d'oxigène, donne 674 centimètres cubes (34,242$^{po.\ cub.}$) d'acide carbonique.

L'air atmosphérique est composé de soixante-treize parties de gaz azote et de vingt-sept parties de gaz oxigène; le gaz oxigène pèse à peu près 0,26 decigrammes (un demi-grain) par 20 centimètres cubes (1$^{po.\ cub.}$), et le poids de 34 decimètres (1$^{pi.\ cub.}$) d'azote est de 3 décagrammes, 7 grammes, 25 decigrammes (1^{once} 2^{gros} 48^{grains}).

Le gaz hydrogène est environ treize fois plus léger que l'air atmosphérique.

On peut juger par là de l'augmentation prodigieuse de volume qu'éprouvent les substances concrètes qui entrent dans la composition de la poudre et qui passent à l'état de gaz. La manière dont se fait ce changement est bien plus difficile à expliquer d'une manière satisfaisante.

On sait que le calorique y entre pour beaucoup ; la formation de l'acide nitrique en est la preuve. Des expériences précises font voir qu'une livre de gaz oxigène contient au moins du calorique pour faire fondre 66$^{liv.}$, 10$^{onc.}$, 5^{gros} (30$^{kl.}$, 40$^{c.}$) de glace; cependant lors de la combinaison de l'oxigène avec le gaz nitreux pour former l'acide nitrique, on observe qu'il y a très-peu de chaleur produite : le calorique reste donc presque en entier dans cet acide et dans le salpêtre, dont il est une partie; il y est fixé comme l'oxigène et l'azote.

Lorsqu'une circonstance quelconque lui rend son ressort, il réagit sur les substances susceptibles de devenir gazeuses, et dévoloppe en gaz l'azote et le carbone, etc.

On voit que la science a fait un pas en prouvant l'existence dans le salpêtre d'une substance que l'on n'y avoit pas jusqu'alors soupçonnée, et en déterminant presque ses proportions.

Cette substance est susceptible de se fixer comme les autres gaz, et il paroît prouvé qu'elle contribue principalement à leur rendre cette forme.

Cependant on ne peut regarder le calorique que comme une substance sans doute plus ténue que les autres gaz qui lui doivent leur forme, mais devant avoir avec eux beaucoup de rapport; et si l'on explique la forme concrète qu'ils sont susceptibles de prendre dans certains cas par la perte de leur calorique, la manière dont le calorique lui-même se fixe, comme il paroît le faire dans l'acide nitrique, est encore un mystère : on voit que la difficulté est seulement reculée.

On cherche aussi à se rendre compte de ce qui remplit (car on ne peut pas les soupçonner vides) les interstices d'une substance concrète qui devient gazeuse, et qui occupe alors un espace qui est des milliers de fois plus grand que celui qu'elle occupoit dans l'état concret.

On n'eût pas fait ces réflexions si l'on ne pensoit pas qu'il est aussi intéressant pour la science d'en marquer les limites que les progrès.

De la manière dont la poudre agit pour former l'entonnoir d'une mine.

Tout le monde sait que l'excavation d'une mine prend la forme d'un entonnoir dont le grand cercle est à la surface du terrain, mais jusqu'à présent on n'a pas rendu compte pourquoi cette figure se forme plutôt qu'une autre.

Tout ce qu'on a dit jusqu'à présent sur cette matière est hypothétique; et il en sera de même pendant long-temps encore, parce que nous sommes bien éloignés, ainsi qu'on l'a vu précédemment, d'avoir assez de données sur les propriétés du fluide élastique produit par l'inflammation de la poudre et sur la manière dont il se forme et agit, pour lui appliquer avec espoir de succès les connoissances que nous pouvons avoir sur les propriétés des autres fluides. Nous connoissons les terribles effets qu'il produit, d'où nous concluons sa prodigieuse expansibilité : mais les lois qu'il suit dans son inflammation pour arriver au dernier terme de cette expansion, et la force absolue qui en résulte, font encore partie des secrets dont il faut que le temps dérobe la connoissance à la nature.

Dans cet état de choses je ne puis présenter que les hypothèses des autres, et hasarder ensuite la mienne.

Celui qui a le plus écrit sur cette matière est Belidor. La nouvelle théorie sur les mines, que l'on trouve à la fin de ses œuvres diverses, est fondée sur la supposition que la poudre, en s'enflammant dans les terres, y produit un globe de compression proportionné au plus ou moins de charge du fourneau. Pour établir ce principe, Belidor suppose un

globe de terre isolé et parfaitement homogène, au centre duquel sont les poudres qui, venant à s'enflammer, compriment les terres environnantes pour occuper leur place, en imprimant aux premières couches un certain degré de mouvement qui croît en raison de l'augmentation de force acquise par la succession de l'inflammation. Les premières couches choquent celles qui leur sont contiguës, et les dernières leurs voisines, jusqu'à ce que le mouvement soit entièrement perdu par l'effet de la communication. De là il conclut, 1.° que si le mouvement est trop foible pour pouvoir se propager jusqu'à la surface du globe, et qu'il s'absorbe entièrement dans l'intérieur, alors les terres qui se trouveront au-delà du terme où a fini le mouvement, resteront dans le même état où elles étoient auparavant; 2.° que si le mouvement est assez fort pour s'étendre jusqu'à la surface du globe, alors celle-ci se divisera de toutes parts en gerçures par où le fluide s'échappera; 3.° enfin, que si le mouvement est beaucoup plus fort qu'il ne seroit nécessaire pour arriver à la surface du globe, alors les parties de la surface seront écartées à la ronde; celles qui sont dessous, ne trouvant plus d'obstacles, seront chassées à leur tour, et ainsi de suite jusqu'à l'entière destruction du globe.

Belidor passe ensuite à l'application de ce principe à l'effet des mines. Pour cela il suppose un fourneau chargé beaucoup au-delà de ce qui seroit nécessaire pour porter le mouvement du globe de compression dont on vient de parler jusqu'à la surface du terrain, et divisant la durée de l'inflammation en cinq instans égaux, il suppose qu'à la fin du second instant le globe de compression arrivera à la surface du terrain; alors le foible étant connu, tout l'effort

Pl. 2. Fig. 25.

de la poudre se portera vers ce point, de manière que s'il n'y avoit pas sur l'horizon d'obstacle à surmonter, les terres qui environnent le point foible de la surface du terrain seroient chassées en l'air, ainsi que celles qui les suivent, et le ciel du fourneau se trouvant moins chargé céderoit aussi à l'effort de la poudre qui, pouvant se dilater le long de la ligne de moindre résistance, s'y détermineroit absolument, sans s'arrêter davantage à pénétrer les terres des côtés, et n'y produiroit qu'une espèce de puits au lieu d'un entonnoir : mais comme c'est ce dernier qui a lieu dans le jeu de toutes les mines, il en conclut qu'il existe un obstacle sur l'horizon, et cet obstacle est le poids de l'atmosphère, qui équivaut à une colonne de sable de 6,50 mètres (20^{pieds}) de hauteur au-dessus de la surface du terrain.

Au moyen de cette augmentation de résistance à la surface du terrain, Belidor prétend, 1.° que pendant la durée du troisième instant de l'inflammation, le globe de compression s'augmentera considérablement du côté de la surface du terrain, mais moins du côté opposé, à cause que la terre n'est susceptible que d'une compression limitée, et qu'alors la surface du terrain deviendra convexe et formera un monticule qui sera un segment de sphère ; 2.° que pendant la durée du quatrième instant de l'inflammation, la poudre agrandira encore le globe de compression et par conséquent le segment sphérique, et qu'elle acquerra alors la force nécessaire pour faire équilibre au poids des terres et à celui de l'atmosphère ; 3.° enfin, que la poudre acquérant pendant la durée du cinquième instant une force bien supérieure aux résistances qu'elle éprouve, elle chassera devant elle la masse des terres qui se trouvera comprise entre des lignes

menées tangentiellement à la circonférence du grand cercle de la première sphère d'inflammation, et à la circonférence de la base du dernier segment sphérique formé sur la surface du terrain. Mais Belidor ne donne aucune raison pour appuyer toutes les suppositions ci-dessus, et il en conclut tout de suite que la forme de l'entonnoir est un cône tronqué à sa pointe et arrondi par le fond; et dans l'application qu'il en fait, il le considère tout bonnement comme un cône entier.

Avant de continuer, il ne sera pas hors de propos de faire observer que lorsque Belidor donna sa nouvelle théorie des mines, il étoit mal avec le général Vallière, qui venoit de mettre à la mode parmi les mineurs le paraboloïde au moyen de quelques propriétés de la parabole qu'on avoit cru reconnoître dans un entonnoir; en conséquence il voulut détruire l'opinion du paraboloïde, et pour y mieux réussir il présenta le cône, qui certainement ne ressemble en rien à l'autre.

Je reviens aux applications que Belidor fait de sa théorie pour produire des globes de compression capables d'étendre leur effet jusqu'au quintuple et même au-delà de la ligne de moindre résistance. Pour y parvenir, il suffit de connoître l'effet d'un fourneau d'épreuve dans le terrain où l'on doit agir : si l'on sait, par exemple que dans tel terrain et sous 3,90 mètres (12^{pieds}) de ligne de M R., il faut 86,76 kilogrammes (177^{livres}) de poudre pour produire un entonnoir dont le grand cercle ait 7,80 mètres (24^{pieds}) de diamètre; alors on a tout ce qu'il faut pour résoudre tous les problèmes relatifs aux globes de compression. En effet, puisque dans le fourneau d'épreuve on connoît la ligne de M. R. *b d* et le rayon *a b* du grand cercle de l'entonnoir, on connoîtra *Fig.* 26.

le rayon *a d* du globe de compression ; voulant présentement connoître la quantité de poudre nécessaire pour produire dans le même terrain un globe de compression de 16,20 mètres (49$^{pi.}$ 10$^{po.}$) de rayon, sous une ligne de M. R. qui peut être plus grande ou égale à celle du fourneau d'épreuve, ou même plus petite, je dirai : le cube du rayon du globe de compression du fourneau d'épreuve, lequel rayon = 5,51 mètres (17$^{pi.}$), est au cube des 16,20 mètres (49$^{pi.}$ 10$^{po.}$) comme 86,76 kilogrammes (177$^{liv.}$) est à un quatrième terme qui sera la quantité de poudre cherchée; c'est-à-dire, 167,76^{m3} : 4251,52^{m3} :: 86,76^{k} : 2198,75^{k}

Fig. 27. Pour avoir le rayon de l'entonnoir que produira ce fourneau supposé à 3,90 mètres (12$^{pi.}$) de ligne de M. R., ainsi que le fourneau d'épreuve, il n'y a qu'à chercher dans le triangle *A B D* le côté *A B;* ce qui est facile, puisqu'on connoît *A D* et *B D :* on trouvera ce rayon de 15,75 mètres (48$^{pi.}$ 6$^{po.}$).

De même, si on se proposoit de produire, à 3,90 mètres (12$^{pi.}$) de ligne de M. R., un entonnoir dont le rayon supérieur fût de 15,75 mètres (48$^{pi.}$ 6$^{po.}$), alors on auroit à déterminer l'hypothénuse *A D* dans le triangle rectangle *A B D*, dont les deux côtés contigus à l'angle droit sont connus, et ensuite la charge, comme il est dit ci-dessus. Enfin, si je veux connoître l'effet qu'une quantité de poudre donnée produira dans l'intérieur et à la surface du terrain, à telle ligne de M. R. aussi donnée, je cherche d'abord le rayon du globe de compression que doit produire la charge donnée par la proportion suivante : la charge du fourneau d'épreuve est à la charge donnée, comme le cube du rayon du globe de compression du fourneau d'épreuve est au cube du rayon du

du globe de compression demandé, lequel étant connu me donne aussi la valeur du rayon du grand cercle de l'entonnoir.

Belidor a prouvé l'action prodigieuse de la poudre sur les terres qui environnent un fourneau, par des expériences faites à la Fère et à Bisy, et dont on trouve les détails dans ses OEuvres diverses ; il en est résulté que des galeries en bois et en maçonnerie, dont les unes étoient placées dans différens plans par rapport à celui des poudres et éloignées des fourneaux jusqu'au quadruple de la ligne de M. R., et dont les autres étoient placées en contre-bas des foyers et à des distances plus grandes que la ligne de M. R., ont été crevées par suite de l'inflammation des poudres. Mais il ne faut pas conclure de ces expériences la preuve de l'existence de ce que Belidor nomme globe de compression, propagée jusqu'au quadruple de la ligne de M. R., ni les regarder comme une démonstration de sa théorie : je pense au contraire qu'il n'existe encore rien de démontré sur cette matière que le résultat des expériences, et que la cause ne peut en être attribuée à une simple force de compression. Je reprendrai la discussion de cet important objet par la suite, et je reviens présentement à l'examen de la théorie de Belidor sur la manière dont la poudre agit pour former l'entonnoir d'une mine.

Ce qu'il dit des effets de l'inflammation de la poudre dans un globe de terre isolée et parfaitement homogène, me paroît sans réplique : mais il n'en est pas de même de l'application qu'il en fait aux mines, parce qu'ici il ne peut pas exister une parfaite homogénéité, attendu que, 1.° dans un terrain de même nature, la densité croît en raison de la pression des couches supérieures ; 2.° que la résistance des étresillons

qui arcboutent l'entrée du fourneau, est d'abord plus considérable que celle des autres terres qui l'environnent, mais qu'ensuite la résistance de ce côté devient plus foible, parce que la densité des terres du bourrage du rameau ne peut jamais être aussi considérable que celle des terres environnantes; d'où il suit que l'équilibre parfait entre les résistances, qui fait la base de la théorie du globe, ne peut pas exister, et que les poudres agiront toujours avec plus de facilité sur le bourrage et sur les terres au-dessus du fourneau, que contre celles au-dessous.

Belidor divise la durée de l'inflammation de la poudre en cinq instans égaux, pendant lesquels elle croît en raison des cubes de ces instans, qui sont ceux des nombres naturels. Si mon imagination peut admettre une division dans la durée de l'inflammation, mes sens n'y peuvent rien apercevoir de commensurable: mais cette division en plusieurs instans étoit nécessaire à Belidor pour arriver à la figure du cône peu émoussé à sa pointe, qui sert de base à toutes les applications de sa théorie. En effet, d'après ces suppositions, dont malheureusement aucune n'est appuyée de raisonnement, l'inflammation croissant en raison des cubes des nombres 1, 2, 3, 4, 5, c'est-à-dire, comme 1 : 8 : 27 : 64 : 125, il en résulte qu'à la fin du deuxième instant, qui est l'époque où il suppose, encore gratuitement, le mouvement arrivé à la surface du terrain, la quantité de poudre enflammée n'est encore que la vingt-cinquième partie de la totalité, d'où il a pu conclure facilement que le vide formé alors autour du foyer par la compression, ne devoit pas être considérable; et comme dans les autres instans de l'inflammation il suppose encore que la poudre cessera d'agir vers le fond, il n'a

dû y apercevoir effectivement qu'un très-petit vide ; ce qui l'a conduit à donner à l'entonnoir la figure qu'il désiroit, c'est-à-dire, celle d'un cône un peu émoussé vers sa pointe : mais je ne suis nullement convaincu de son existence réelle, parce que je ne trouve rien de plus arbitraire que ces suppositions d'instans en plus ou moins grand nombre, et que l'on peut, en les variant, plier la poudre à tous les désirs de l'imagination, tandis que dans la réalité elle ne peut avoir qu'une manière d'agir constante et uniforme. Mais continuons.

On a vu que Belidor a recours au poids de l'atmosphère pour rendre compte de l'excavation d'une mine en forme d'entonnoir dont le grand cercle est à la surface du terrain. Lorsque son ouvrage parut, on lui objecta contre cette supposition que l'air de la galerie agissant à l'extrémité du bourrage avec autant de force que celui qui pèse sur la surface du terrain, leurs effets se détruisoient réciproquement, et que par conséquent on ne pouvoit faire intervenir le poids de l'atmosphère dans le jeu des fourneaux de mines. Il me semble que cette objection est mal fondée : en effet, de ce que l'air résiste également à l'extrémité du bourrage et à la surface du terrain, il ne s'ensuit pas l'anéantissement de ces résistances ; il en résulte seulement que la poudre doit employer de plus grands moyens pour soulever la surface du terrain ou pousser le bourrage, qu'elle ne feroit si l'action se passoit dans le vide. On ne peut pas dire non plus que le peu d'air qui se trouve renfermé dans la chambre des poudres après le bourrage, fait équilibre avec celui du dehors, puisqu'il est absorbé dès que l'inflammation commence : mais l'application que Belidor fait du poids seul de l'atmosphère

pour rendre compte de l'évasion supérieure d'un fourneau de mines, ne m'en paroît pas moins illusoire; et pour le prouver il suffit du principe que tout mouvement suppose un déplacement, parce qu'il en résulte que dès l'instant que le mouvement sera communiqué par la poussée des couches inférieures au point de la surface du terrain tangente à la sphère de compression, les terres qui environnent ce point ne pourront communiquer à la colonne de l'atmosphère le mouvement qu'elles auront reçu, sans se déplacer; or ce déplacement suppose un soulèvement, et nécessairement des gerçures, puisque l'auteur n'a point égard à la ténacité des terres, qui peut seule en retarder la formation dans ce moment. Ces premières couches seront suivies de celles qui les portent et qui se gerceront également, en sorte que, l'instant après l'arrivée du mouvement à la surface, il s'établira, malgré le poids de l'atmosphère, une communication entre l'air du dehors et le fluide de la poudre, qui dès lors se dirigera totalement de ce côté pour y former autour de la ligne de M. R. l'espèce de puits que Belidor vouloit éviter. Il paroît donc que ce n'est pas au poids seul de l'atmosphère qu'il faut avoir recours pour rendre raison de l'évasion supérieure de l'entonnoir : mais nous verrons bientôt qu'il peut y contribuer beaucoup lorsqu'il est aidé de la ténacité des terres, que Belidor a cru devoir mettre de côté, ainsi que leur densité, afin de n'être point arrêté par ces petites misères dans ses raisonnemens pour la formation de son globe de compression.

La théorie de Belidor est fondée sur le principe que l'effet d'un fourneau de mines quelconque se réduit à la compression des terres environnantes; mais, d'après ses aveux même,

il est aisé de lui prouver que les règles qu'il donne pour déterminer la charge nécessaire à tel globe de compression sont insuffisantes. En effet, il convient que les terres ne sont susceptibles que d'une compression limitée, et que les rayons des globes de compression, engendrés successivement autour du foyer, iront toujours en diminuant du côté opposé à la ligne de M. R.; d'où je conclus que les globes de compression seront moins étendus vers les côtés et le dessous du fourneau que vers la surface du terrain, et que par conséquent les règles qu'il donne sont insuffisantes.

Au surplus, cette force de compression que la mécanique me dit de regarder comme agissant successivement et communiquant des degrés de vîtesse presqu'aussitôt absorbés qu'acquis, me paroît peu propre à rendre un compte satisfaisant de la subite destruction des galeries éloignées de trois à quatre fois la ligne de moindre résistance.

Telles sont les observations que j'ai cru devoir faire sur la théorie des mines de Belidor, pour éviter les abus et les fausses applications des principes qu'il a établis.

Je vais présentement hasarder mes idées sur cette matière, mais sans autre prétention que celle d'engager les jeunes officiers qui voudront suivre cette partie à faire mieux que moi.

Il y a deux causes très-distinctes à considérer dans la résistance que les terres opposent à l'action des poudres; savoir, leur ténacité et leur poids : celui-ci peut toujours être connu et dépend du plus ou moins de densité, mais il n'en est pas de même de la ténacité. Avant de passer outre, il convient d'avoir des idées claires sur ce que les mineurs entendent par ténacité. On donne ce nom à l'adhé-

rence ou union des parties qui constituent une masse de terre ; d'où il suit que le plus ou moins de ténacité dépend de la qualité et de la figure des parties constituantes, qui les rendent plus ou moins propres à s'unir entre elles : par exemple, si ces parties sont dures et sphériques comme les sables et graviers secs, elles ne se toucheront que par un point, et il n'y aura entre elles aucune pénétration ; mais si elles sont graisseuses et de figures irrégulières, comme celles des glaises, des argiles et des autres terres franches ou mêlées, alors elles se toucheront par plusieurs points, et il y aura pénétration de la part des parties saillantes des unes dans les rentrantes des autres.

Il résulte de cette définition, que dans les terrains de sable ou de graviers purs il ne peut y avoir de compression, et que par conséquent la ténacité ne peut pas s'accroître par la pression des couches supérieures ; mais dans les autres terrains cette ténacité doit nécessairement augmenter par la pression, puisque les parties élémentaires se pénétreront davantage. Mais quelle est la loi que doit suivre cette augmentation de ténacité ? peut-elle dans tous les cas être la même que pour l'accroissement de densité ? Je conçois qu'elle peut s'accroître dans le même rapport lorsque les parties élémentaires sont configurées pour cela, c'est-à-dire, lorsqu'elles peuvent augmenter leur pénétration dans le même rapport que l'accroissement de densité ; mais je conçois également que ces parties élémentaires peuvent fort bien, par suite de leur configuration, doubler ou tripler leur ténacité par une simple pression qui n'augmenteroit que très-foiblement leur densité.

Voilà une des premières difficultés qui arrêtent le mineur

lorsqu'il veut appliquer la théorie à son art; mais elle n'est pas la seule; et parmi beaucoup d'autres qu'il rencontre, il en est une qui détruira toujours ses plus beaux raisonnemens, c'est la variété des terrains, qui, étant infinie, exigeroit aussi une infinité de théories, toutes différentes les unes des autres.

J'ai cru devoir d'abord présenter ce que j'avois à dire sur la difficulté d'apprécier les ténacités, et annoncer en même temps beaucoup d'autres difficultés, afin de justifier le peu de progrès théoriques que l'art des mines a fait jusqu'à présent, et engager les jeunes officiers pour qui cet ouvrage est fait, à donner, autant qu'il leur sera possible, l'expérience pour appui aux raisonnemens qu'ils pourront être tentés de faire sur la théorie des mines; et c'est en conséquence sur les expériences suivantes que j'établis ce que j'ai à dire sur la manière dont se forme l'entonnoir d'une mine.

1.° La poudre consomme généralement autant de force et même plus pour détacher les terres ou vaincre leur ténacité, que pour enlever la masse: dans les terrains mêlés de graviers et de terres franches, tels qu'ils se rencontrent communément, il faut autant de poudre pour vaincre la ténacité que pour enlever la masse; et dans les terrains plus serrés ou plus graisseux, il faut jusqu'à deux tiers pour vaincre la ténacité, contre un tiers pour enlever la masse. J'ai rendu compte, dans la première partie, de la manière dont ces expériences avoient été faites.

2.° Lorsqu'un fourneau joue dans un terrain qui a quelque consistance, on peut y remarquer trois temps très-distincts: une détonation sourde, qui est suivie de l'exhaussement des terres autour du point correspondant à l'aplomb de la ligne

de moiudre résistance, pour former un monticule en forme de calotte sphérique, qui s'étend en proportion de la charge du fourneau. Ce soulèvement se fait assez lentement pour être observé ; et il est bien essentiel de remarquer que ce n'est qu'après avoir acquis la plus grande partie de l'étendue que doit avoir le grand cercle de l'entonnoir, que la fumée et ensuite la flamme commencent à s'échapper à travers les gerçures qui s'y font alors ; cet échappement est suivi d'une forte commotion aux environs du fourneau, et de l'enlèvement des terres au-dessus du fourneau en forme de gerbe enflammée.

3.° On a reconnu à Strasbourg, en 1730, que dans le jeu d'un fourneau de huit pieds de ligne de M. R., chargé de soixante livres de poudre, dans une terre douce et homogène, la poudre n'avoit point agi au-dessous du fond au-delà de deux pieds. On s'en est assuré en vidant l'entonnoir et en le coupant ensuite suivant un plan vertical passant par son axe ; alors on y a remarqué, jusqu'à la distance d'environ deux pieds, des gerçures diminuant de largeur. Ces gerçures, produites par la réaction, suivoient la courbure du fond, et formoient une bordure qui alloit en se rétrécissant jusqu'à la surface du terrain, gardant à peu près la même situation que la courbe qui marquoit le profil de l'entonnoir.

4.° Les plus habiles physiciens et chimistes qui se sont occupés des propriétés de la poudre enflammée, y ont reconnu l'existence d'un fluide élastique, dont l'expansion pouvoit aller jusqu'à quatorze mille fois son volume.

Soit un fourneau placé à 3,25 mètres ($1^{\text{toise}}\ 4^{\text{pieds}}$) de ligne de M. R. dans une terre mêlée de gravier, qui exigeroit 50 kilogrammes (102^{lb}) de poudre pour produire un entonnoir de 6,50 mètres ($3^{\text{toises}}\ 2^{\text{pieds}}$) de diamètre supérieur.

D'après

D'après les deux premières expériences, je pourrois, ainsi que l'a fait Belidor, et même moins arbitrairement, diviser la durée de l'inflammation en deux ou en trois instans; mais toutes ces divisions ne servant qu'à égarer l'imagination et empêcher d'aborder les difficultés, je n'y aurai pas recours, et j'examinerai l'action de la poudre enflammée, sans me mettre en peine si cette inflammation est instantanée ou divisible en plus ou moins d'instans.

On a vu que cette inflammation provenoit du passage subit à l'état gazeux de plusieurs substances qui entrent dans la composition de la poudre. Lorsque son inflammation commence, elle doit agir sphériquement dans un terrain homogène, jusqu'à ce que la résistance qu'opposent les terres à une plus grande compression, soit supérieure à celle provenant de la ténacité et du poids de la partie des terres située du côté de la ligne de moindre résistance, auquel poids il faut joindre celui de l'atmosphère. Le gaz alors s'insinuant dans tous les pores et gerçures formés par suite de l'établissement du fourneau, l'atmosphère les comprime en tous sens; de son action latérale résulte le détachement de quelques parties, qu'elle précipite dans le tourbillon et dont elle occupe la place, et de son action sur le fond des gerçures ou pores résulte bientôt le refoulement ou remplissage : ce qui réduit alors l'action de la poudre à la simple compression, qui s'opère plus facilement vers l'hémisphère supérieur, attendu que la densité et la ténacité y sont moins considérables. Il me semble que c'est à cela que doit se réduire son effet jusqu'au moment que le foible est senti; il doit en résulter qu'alors son fluide occupe une sphère un peu aplatie vers le fond, et dans laquelle nagent quelques parties de terres

détachées. En effet, la poudre agissant, comme fluide élastique, également et dans tous les sens autour de son foyer, il doit en résulter nécessairement que si les résistances sont égales, tous les points de la surface du volume qu'elle occupe dans un temps quelconque, doivent être également éloignés du foyer et appartenir par conséquent à une sphère; et que si la résistance vers le fond est un peu plus considérable qu'au dessus, alors les points de la surface inférieure seront plus rapprochés du centre que ceux de la surface supérieure, ce qui donnera une sphère un peu aplatie vers le fond. Mais comment déterminer le volume de cette sphère, c'est-à-dire, le volume qu'occupe alors le fluide? comment trouver le rapport de son expansion actuelle à son expansion totale? N'est-il pas permis de croire que toute la poudre a eu le temps nécessaire pour s'enflammer? car si l'on vouloit supposer qu'il en restât encore qui n'eût pas pris feu, je demanderois si cette partie nage alors impunément dans la flamme; ce qui n'étant pas admissible, il faudroit nécessairement qu'elle eût été portée par la force centrifuge vers les extrémités de l'atmosphère de vapeurs, où elle seroit en pure perte pour l'inflammation, ainsi qu'il arrive à une partie de la charge des canons.

Ces questions me paroissent bien difficiles à résoudre, et j'avoue humblement que leur démonstration mathématique ne m'est point réservée; mais comme il importe de convaincre que le fond d'une mine a un certain diamètre, et que par conséquent son entonnoir ne peut être un cône entier, je reviens encore pour un moment à la compression que la poudre exerce avant d'avoir connu le foible. On ne peut admettre cette compression sans admettre en même temps le refoulement

ou l'incorporation des terres voisines du foyer dans les couches qui en sont plus éloignées, et de celles-ci dans leurs voisines, jusqu'à ce que le mouvement résultant de ce refoulement arrive à la surface du terrain où il détermine le foible; bien entendu que ce refoulement sera moins considérable vers l'hémisphère inférieur, attendu sa plus grande résistance. De là il suit que, jusqu'au moment où le mouvement arrive à la surface, le volume de la demi-couronne dont ad est la hauteur (*fig.* 28) et qui reçoit le refoulement, n'augmente pas, mais seulement sa densité, par l'incorporation des terres qui étoient contenues dans la demi-sphère de dilatation de la poudre dans les couches qui en sont voisines, et par le refoulement des couches plus éloignées, les unes dans les autres : d'où je conclus qu'alors la masse de la demi-couronne qui a ad pour hauteur, doit être égale à celle de la demi-sphère entière ac, en sorte que si l'on représente par V^3 et u^3 les volumes de la demi-sphère ac et de la demi-sphère de dilatation cd, et par D et d les densités moyennes de la demi-couronne après la compression et de la demi-sphère ac avant la compression, on aura $(V^3 - u^3)\ D = V^3\ d$; d'où l'on tire $u^3 = V^3 \times \frac{D-d}{D}$: or D est composé de la densité d de la demi-sphère ac avant la compression, augmentée par cette compression d'une quantité inconnue Y; ainsi $D = d + Y$; donc $u^3 = V^3 \times \frac{Y}{d+Y}$. De là il suit que u^3 aura une valeur quelconque, tant que y ne sera pas zéro, et il n'est pas possible d'admettre que y puisse devenir zéro, tant que les terres seront susceptibles de compression, parce qu'on pourra toujours demander ce que deviennent les terres

Fig. 28.

dont le fluide occupe la place : donc la sphère de dilatation doit avoir un volume quelconque, qui doit croître en raison directe de la charge, et en raison inverse de la densité et ténacité. En effet, plus la force qui comprime sera considérable, plus le refoulement ou l'incorporation des couches les unes dans les autres croîtra; le mouvement sera donc plus violent et arrivera par conséquent plus tôt à la surface du terrain. Mais le résultat d'une plus grande compression n'en procurera pas moins un plus grand espace à la sphère de dilatation. D'un autre côté il me paroît clair que dans un terrain compacte et tenace, le refoulement sera plus difficile et la communication du mouvement plus facile que dans un autre terrain plus poreux, et dont les couches seroient moins serrées et moins liées entre elles.

Je ne connois aucune donnée qui puisse conduire à la connoissance de y, et toutes les suppositions que l'on pourroit faire préjugeant nécessairement la question principale, j'ai cru devoir me dispenser d'en admettre aucune, laissant ce soin à ceux qui voudront s'en occuper; je ferai seulement observer que dans un terrain homogène ou de même nature, y sera toujours une petite masse incorporée dans un grand volume, qui ne pourra par conséquent en recevoir une bien grande augmentation de densité, quoique celle-ci ne puisse jamais devenir zero.

Résumant ce qui précède sur l'action de la poudre avant que le foible soit connu, j'en conclurai,

1.° Que dans les terrains susceptibles de compression, le fluide élastique occupe alors une sphère un peu aplatie vers le fond, et dont le volume est en raison directe des charges, et en raison inverse des densités et ténacités.

2.° Que dans les terrains de sable ou gravier secs, la sphère de dilatation ne peut pas se former, puisqu'ils ne sont pas compressibles; mais rien ne pouvant empêcher le fluide de se filtrer à travers les vides ou pores qui se trouvent entre les grains de sable ou graviers, il arrivera de toutes parts à la surface du terrain sans avoir eu de côté foible à déterminer.

3.° Que dans des hauts bancs de pierres ou de rochers continus, le fluide ne peut se dilater que dans le bourrage, qui dans ce cas-ci oppose moins de résistance que les pierres ou roches, tandis que dans les deux autres cas il résiste dans ce premier moment, lorsqu'il est bien fait, pour le moins autant que les terres qui environnent le foyer.

Examinons présentement ce qui se passe lorsque le foible est connu.

Il y a trois objets à considérer pour pouvoir en rendre compte, 1.° les points de rupture, c'est-à-dire, les points où se feront les premières gerçures qui doivent désunir le globe concave qui appuie sur le fluide élastique; 2.° le monticule ou segment sphérique qui se forme alors sur la surface du terrain; 3.° enfin, la nouvelle forme que doit prendre la sphère de dilatation en vertu des deux causes précédentes.

Examinons successivement ces objets.

1.° Si on a donné quelque peu d'attention à ce que j'ai dit sur la manière dont la poudre agit avant que le foible soit connu, on admettra sans peine qu'au moment où le mouvement arrive à la surface du terrain, celle de la sphère de dilatation est intacte, sans gerçures ni ruptures, et qu'au contraire les premières couches qui appuient sur le fluide

ont acquis alors une extrême densité, augmentée encore par l'espèce de recuit que la flamme leur a fait éprouver. C'est dans cet état de choses que le fluide élastique, suivant la direction du mouvement qui commence à s'imprimer de bas en haut, réunit ses efforts dans cette direction pour séparer l'hémisphère supérieur de l'inférieur; et je dis que les premiers points de rupture doivent s'opérer vers la naissance des deux hémisphères, attendu que la concavité de l'hémisphère supérieur, qui forme une voûte à plein cintre, étant, d'une part, chargée du poids des terres du ciel, et appuyée de l'autre part sur le fluide élastique qui sert de cintre à sa voussure, la rupture ne peut se faire qu'aux points où cette voussure approchera le plus de la direction du mouvement ou de la verticale; c'est-à-dire, vers la naissance de l'hémisphère, où l'effort latéral du fluide pour soutenir ces points est dans ce moment moindre que l'effort vertical qui tend à les séparer.

Fig. 29. Il est bien essentiel d'observer que par suite de la ténacité qui unissoit toutes les parties du globe de dilatation avant la rupture, celle-ci ne peut pas se faire sans déchiremens, c'est-à-dire sans beaucoup de gerçures de part et d'autre des points de rupture, telles que celles marquées *a*: ces gerçures seront plus ou moins profondes en raison de la force d'impulsion qui aura occasioné la rupture, et par conséquent en raison des charges; et leurs directions seront plus ou moins inclinées au plan de rupture suivant qu'elles en seront plus ou moins éloignées.

2.° Lorsque les terres de la surface commencent à se soulever, la ténacité de la masse est loin encore d'être détruite, puisque, jusqu'à ce moment, tout a concouru à la rendre

bien supérieure à ce qu'elle étoit avant l'inflammation; d'autre part la surface du terrain est chargée du poids de l'atmosphère, qui correspond à une colonne de sable de 6,5o mètres (20^{pieds}) de hauteur. Il résulte de ces deux causes, que ce premier soulèvement doit se faire et se fait effectivement lentement et sans déchirement subit; d'où il suit qu'il n'y a pas d'abord de désunion, parce que les premières terres soulevées entraînent celles qui les joignent en vertu de leur union ou ténacité, et celles-ci leurs voisines, pour former un premier monticule dont l'étendue est relative à ce qui se passe alors au foyer des poudres.

3.° Au moment que la rupture dont nous avons parlé est prête à se faire, le fluide de la poudre, qui pour cette fois doit être entièrement enflammée ou qui ne le sera jamais, se trouve dans une extrême compression: de là il suit qu'aussitôt que les gerçures s'opèrent, il s'y précipite avec toute la violence dont il est capable; il les élargit en comprimant de nouveau les terres nouvellement déchirées, et augmente par conséquent leur profondeur; il détache, atténue et précipite dans le grand tourbillon, les petites masses comprises entre les gerçures *a*, et il en est de même de toutes les parties anguleuses qui résultent de ces détachemens, et qui sont également précipitées dans le tourbillon par la force centrifuge résultante de son violent mouvement de rotation, qui dans ce moment agit de bas en haut. De là je conclus qu'un instant après la première impulsion communiquée aux terres du ciel, le globe de dilatation perd sa figure sphérique et s'allonge latéralement en même temps qu'il s'élève par suite du mouvement imprimé, et prend la forme d'ellipsoïde *a b c, d e*; en sorte que ce n'est plus le seul hémisphère su- *Fig.* 3o.

périeur qui est poussé vers la surface du terrain, mais bien tout le solide appuyé sur la nouvelle courbe *a e a*. On conçoit présentement que, le mouvement croissant, il en résultera de nouvelles gerçures *P* aux points latéraux de la nouvelle courbe, et que le monticule de la surface du terrain augmentera aussi de diamètre; mais non pas dans la même raison que la corde de la courbe *a e a*, puisque le mouvement imprimé à celle-ci se perdant en partie par sa communication aux terres comprises entre la courbe et la surface du terrain, il agit nécessairement sur le monticule plus foiblement que sur la courbe *a e a*.

Le fluide agissant sur les nouvelles gerçures *P* comme sur les premières, il en résultera bientôt une nouvelle augmentation latérale dans la partie supérieure de la courbe de dilatation; et attendu que le fluide s'étend avec plus de facilité vers les gerçures, qui n'opposent point de résistance, que contre les terres du ciel, dont la ténacité n'est point encore totalement détruite, la corde de la courbe *d e f* croîtra nécessairement en plus grande raison que sa flèche, et il en sera de même par rapport au monticule de la surface du terrain, qui s'agrandira en raison de l'aplatissement de la courbe *d e f*.

Fig. 31.

Il y a encore une autre cause importante de l'agrandissement de la corde de la courbe *d e f*, c'est qu'à mesure que cette courbe s'aplatit, le poids des terres et celui de l'atmosphère agissent davantage sur le fluide et le forcent par conséquent à multiplier ses efforts sur les points latéraux, où il trouve continuellement des moyens de se dilater. Le fluide continuera d'agir ainsi jusqu'à ce qu'il arrive, au moyen des gerçures successives, à la surface du terrain. Alors toute la masse supérieure

supérieure sera détachée et commencera à se crevasser ; elle pèsera dans ce moment de tout son poids sur le fluide, dont les parties extrêmes, condensées par suite de leur dilatation, s'échapperont en fumée à travers toutes les gerçures. Mais, lorsque les parties de ces vapeurs qui sont encore dans l'état d'ignition se présenteront pour s'échapper, elles seront répercutées vers le fond avec toute la violence dont le ressort de l'air, choqué subitement par celui de la flamme, peut être capable, et que l'on sait être prodigieuse. D'un autre côté, l'évacuation en fumée des premières vapeurs n'ayant pu se faire sans occasioner en même tempe une diminution dans le volume du globe de dilatation, il en résultera que la répercussion de la vapeur enflammée, par le ressort de l'air, sera suivie de l'affaissement de la masse des terres, qui répercutera également le fluide vers le fond, et recomblera de nouveau une partie des issues. Ce sera alors que le fluide réagira avec toute l'étendue de sa force d'expansion, pour chasser avec violence la masse des terres hors de l'entonnoir, et pour s'échapper avec elles; et c'est aussi dans cet instant que la commotion se fait sentir dans les terrains qui environnent le fourneau.

Il paroît donc qu'en admettant que les premières ruptures de la sphère de dilatation s'opèreront vers les parties de sa courbe dont la voussure se rapproche davantage de la direction du mouvement vertical, c'est-à-dire, vers la naissance des deux hémisphères, on peut aisément rendre compte de l'évasement latéral et progressif d'un fourneau de mines, et en conclure sa forme d'entonnoir; mais il n'est pas aussi facile de déterminer le rapport qu'il doit y avoir entre l'évasement supérieur et la première sphère de dilatation, c'est-à-

dire, entre les diamètres supérieur et inférieur de l'entonnoir, parce que ce rapport dépend essentiellement du plus ou moins de compressibilité des terres, et par conséquent de leur densité et ténacité, puisque de là dépend le plus ou moins de capacité de la première sphère de dilatation, ainsi que je l'ai dit.

Le même principe me conduit encore à conclure que l'évasement supérieur doit croître jusqu'à un certain point, lorsque la charge augmente; parce qu'une plus grande charge, produisant d'abord une plus grande sphère de dilatation dans l'intérieur, opèrera aussi, par sa plus grande violence, des déchiremens ou gerçures latérales plus nombreuses et plus profondes; d'où s'ensuivra nécessairement une plus grande pénétration sur les côtés, et par conséquent un plus grand évasement supérieur. Je conçois que cela doit être ainsi; tant que la résistance des terres du ciel sera dans un certain rapport avec l'effort de la charge; mais si cette charge devient telle que son effort soit infiniment supérieur à cette résistance, alors le fluide agira moins long-temps sur les côtés, les terres du ciel seront plus promptement enlevées, et l'évasement supérieur ne sera plus proportionné à la charge. Je pense donc qu'il doit y avoir des limites au-delà desquelles l'évasement supérieur ne s'accroît plus, quelle que soit la charge; mais c'est à l'expérience à les poser. Les expériences faites par Belidor à la Fère et à Bizy, et dont on trouve les résultats dans sa nouvelle théorie des mines, prouvent que la surface du grand cercle de l'entonnoir reçoit encore de l'accroissement sous une charge décuple; c'est donc de ce point, où Belidor est resté, qu'il faut partir pour constater par de plus fortes charges celles où se ter-

minera l'accroissement du grand cercle, et poser ainsi les limites dont je viens de parler.

Belidor emploie les cubes des hypothénuses des triangles rectangles *a b d*, *A B D*, qui sont les côtés de ses entonnoirs en cônes entiers, pour déterminer les charges, les rayons de ce qu'il nomme globes de compression, et par suite les grands cercles des entonnoirs. Ce moyen lui étoit nécessaire pour établir et accréditer son globe et lui donner un plus grand air de vérité. Mais je crois avoir prouvé ci-devant que l'entonnoir ne peut être un cône entier lorsque la poudre agit dans un terrain compressible, et que le diamètre de la base inférieure de l'entonnoir est proportionnel aux charges et au plus ou moins de densité et ténacité des terres; je crois aussi que l'on doit être convaincu que la poudre cesse de comprimer les terres lorsque le foible est déterminé et le mouvement vertical imprimé : d'où il suit que les hypothénuses *a d*, *A D*, étant réellement étrangères aux figures des entonnoirs, on ne devroit pas les employer pour déterminer les charges et rayons des cercles supérieurs, mais se servir de ces rayons et des lignes de moindre résistance, qui constituent les vraies dimensions des entonnoirs. Pour cela il suffiroit de déterminer, d'après le fourneau d'épreuve, la charge ordinaire pour la ligne de moindre résistance que l'on voudroit employer; alors, ces lignes de moindre résistance devenant égales, leurs entonnoirs seroient proportionnés aux quarrés des rayons de leurs grands cercles. Exemple: Si je suis assuré, par le fourneau d'épreuve, qu'il faut 83,33 kilogrammes (170^{lb} 5^{onces}) de poudre, pour produire, à 3,25 mètres (10^{pieds}) de ligne de moindre résistance, un entonnoir de 6,50 mètres (20^{pieds}) de diamètre supérieur, et qu'il soit question de dé- *Fig. 26 et 27*

terminer quel sera le diamètre supérieur d'un fourneau de 4,86 mètres (15^{pieds}) de ligne de moindre résistance, situé dans le même terrain et chargé de 1764 kilogrammes (3605^{lb} 10^{onces}) de poudre ; je chercherai d'abord, au moyen des cubes de 3,25 et de 4,86, la charge convenable pour produire, à 4,86 mètres (15^{pieds}) de ligne de moindre résistance, un entonnoir de 9,72 mètres (30^{pieds}) de diamètre, ou un entonnoir ordinaire, et je trouverai 278,74 kilogrammes (569^{lb} 12^{onces}). Je dirai ensuite, $278{,}74 : 1764 :: 4{,}86^3 : x^3 = 149{,}48$ mètres (460^{pieds}) ; d'où je tire x ou le rayon cherché $= 12{,}23$ mètres (37^{pieds} 6^{pouces}), qui excède d'environ 0,33 mètres (1^{pied}) celui trouvé par Belidor (page 350 de sa théorie). Cette différence vient de ce qu'en suivant les différens calculs de Belidor pour arriver à la connoissance du rayon, on a un plus grand nombre d'opérations à faire que par le moyen que je propose ; d'où il suit que l'on y néglige un plus grand nombre de petites parties, dont l'omission doit nécessairement influer sur le dernier résultat.

On pourroit peut-être croire que les cubes des hypothénuses *a d*, *A D*, donnant les mêmes résultats que les quarrés des rayons des grands cercles, elles sont réellement les rayons des globes de compression : mais ce n'est pas comme rayons des globes qu'elles ont cette propriété ; c'est comme lignes semblablement placées dans des figures semblables, qui par cette raison sont proportionnelles à leurs cubes, comme elles le sont aux quarrés des rayons multipliés par les lignes de moindre résistance, ou simplement aux quarrés des rayons, lorsque les lignes de moindre résistance sont égales. Au surplus, on peut adopter celle des deux méthodes que l'on voudra, et on arrivera aux mêmes résultats ;

Digitized by Google

et je n'ai en vue dans cette discussion que de faire voir que la recherche des charges ou des rayons ne dépend pas uniquement des rayons du globe de compression de Belidor.

Résumant ce que j'ai dit sur la forme de l'excavation d'une mine, j'en conclus :

1.° Que cette excavation est un entonnoir renversé ou cône tronqué à sa base inférieure.

2.° Que le diamètre de cette base inférieure dépend du plus ou moins de charge, et du plus ou moins de compressibilité des terres, c'est-à-dire, de leur densité et ténacité.

3.° Que dans un terrain non compressible et sans ténacité, tels que les sables ou graviers secs, le fluide, filtrant à travers les vides ou pores, arrive sans résistance jusqu'à la surface, en sorte qu'une charge ordinaire proportionnée seulement au poids n'y produiroit qu'une espèce de puits autour de la ligne de M. R. : de là il suit qu'il faut alors suppléer par une charge beaucoup plus forte au défaut de liaison de compressibilité, afin que le fluide, embrassant dans le même instant un plus grand volume autour du foyer, puisse pousser devant lui une plus grande masse ; mais malgré cela l'entonnoir ne sera jamais figuré comme dans des terres compressibles et tenaces.

4.° Que dans un banc de pierres ou de rochers bontinus il faut, outre une charge bien proportionnée à l'effort que la poudre doit faire pour séparer les lits du banc et pour s'insinuer dans les gerçures ou déchiremens, il faut, dis-je, un bourrage assez étendu et fréquemment arcbouté, afin qu'il soit en état de suppléer par son volume à ce qui manque à sa densité ; ou bien il faut avoir recours à des charges beau-

coup plus fortes pour pouvoir opérer plus subitement les déchiremens des bancs.

5.° Que dans des terrains compressibles, et sous une même ligne de moindre résistance, l'évasement de l'entonnoir croît avec les charges, en raison des quarrés des rayons des cercles supérieurs.

6.° Que l'expérience a prouvé que cette loi a lieu encore sous une charge décuple, mais qu'il faut de nouvelles expériences pour constater si elle auroit encore lieu sous des charges plus fortes.

CHAPITRE SECOND.

De l'action d'un fourneau de mines sur la masse des terres environnantes.

Les expériences faites à la Fère et à Bisy par Belidor, ont prouvé que des galeries, dont les unes étoient placées sur les côtés du fourneau dans différens plans et à différentes distances, poussées jusqu'au quadruple de la ligne de moindre résistance, et les autres au-dessous du fourneau à une distance plus grande que la ligne de M. R., ont été crevées par une charge décuple de la charge ordinaire. Voilà un effet incontestable et dont les suites peuvent être de la plus haute importance pour étendre l'utilité des mines. Mais quelle en est la cause? Il me semble qu'il ne faut pas la chercher dans une force de compression qui, par sa nature, agit successivement et se perd par la communication; je ne la crois pas

propre à nous donner une juste idée de ce que nous cherchons, ni de la violence de l'action qui peut vaincre la résistance de la galerie à des distances considérables du foyer : il n'y a, à mon avis, qu'une force de percussion, agissant instantanément et communiquant de même son impulsion, qui puisse opérer un semblable effet; ce sera donc là le principe qui servira de base au raisonnement suivant, et on verra bientôt qu'il est d'accord avec ce que l'on remarque dans le jeu d'un fourneau.

J'ai fait voir ci-devant que tant que la masse des terres qui doit former l'entonnoir n'est pas entièrement détachée, l'action de la poudre se réduisoit à comprimer les terres, à les pénétrer et diviser latéralement, et à communiquer un mouvement progressif aux terres du ciel. Dans tout cela je ne vois qu'une force agissante par degrés et qui par conséquent n'est pas celle que je cherche. Mais j'ai dit aussi qu'à l'instant de l'entier détachement des terres tout le fluide étoit répercuté vers le fond par le contact de la flamme avec l'air extérieur, et par le poids des terres, d'où il réagissoit pour enlever la masse. Voilà donc ici une véritable force de percussion qui communique instantanément tout l'effort dont elle est capable aux parois du fond et des côtés de l'entonnoir, et occasionne la commotion que l'on remarque dans le jeu de tous les fourneaux, à l'instant que les terres sont enlevées, ainsi que je l'ai dit.

C'est donc à cette force de percussion que l'on doit attribuer la destruction des galeries. En effet je conçois que la réperoussion et la réaction instantanées du fluide doivent produire dans la masse des terres environnantes un ébranlement ou commotion subite, une sorte de mouvement de

vibration dans toutes les parties, d'autant plus violent que le fluide choquant sera plus considérable, et qui se propagera plus ou moins loin suivant que les couches de terre seront plus ou moins serrées, c'est-à-dire, en raison de leur densité. L'expérience des malheurs qui accompagnent l'explosion des magasins à poudre, vient encore à l'appui de ce que j'avance, puisque nous venons de voir, tout récemment, des maisons et même des parties de revêtemens de place détruites par suite de l'inflammation de quelques milliers de poudre, à des distances beaucoup au-delà de la sphère de dilatation du fluide : or ces effets ne peuvent être attribués à aucun globe de compression, mais seulement au choc de l'air mis en mouvement par le fluide, ou à l'ébranlement souterrain occasioné par la percussion de ce fluide contre le sol du magasin. De là je conclus qu'une certaine quantité de poudre, placée dans un fourneau qui auroit une profondeur convenable et un bourrage proportionné, pourroit très-bien renverser, par la même cause d'ébranlement, une contrescarpe d'ouvrage qui en seroit éloignée de dix à douze fois la ligne de moindre résistance. On ne doit donc pas être étonné de voir Belidor proposer, dans un projet qu'il a laissé sur l'attaque de Luxembourg, l'emploi de deux fourneaux de 7,80 mètres (4 toises) de ligne de moindre résistance, distans entr'eux de 9,72 mètres (6 toises), et chargés chacun de 8823 kilogrammes (17646 lb) de poudre, pour renverser la contrescarpe et même une partie du fort Saint-Charles, à une distance de 80 à 100 mètres (40 à 50 toises) des fourneaux.

Mais quelle est la loi que doit suivre cette force de commotion? Comment déterminer la vitesse initiale dont elle est capable?

capable ? Comment déterminer ce qui s'en absorbe par la communication, dans une masse qui croît sans cesse en raison des cubes des distances du foyer ?

Voilà des questions importantes à résoudre, et dont la solution ne m'est pas réservée : s'il étoit possible d'en donner une satisfaisante, cela conduiroit à déterminer les charges et les distances nécessaires pour détruire, soit une galerie, soit une contrescarpe, puisque l'effort pour opérer ces destructions peut être calculé, et qu'il ne seroit plus question alors que d'y proportionner l'action résultante de la commotion des terres. Mais je crois que nous sommes loin encore d'avoir les données nécessaires pour appliquer la théorie à ces deux questions : je ne crois pas non plus que l'on puisse regarder comme une théorie fondée celle de Belidor, ni s'en rapporter, pour les charges, aux cubes des rayons de ses globes ; car de ce que les cubes des hypothénuses $a\,d$, $A\,D$, ou les quarrés des rayons des grands cercles sous une même ligne de moindre résistance, croissent en raison des charges, je ne vois pas que l'on puisse en conclure que la force de percussion, qui n'agit violemment sur les terres du fond et des côtés qu'à l'instant de l'enlèvement de la masse, doive suivre le même rapport. Il nous faut donc encore beaucoup d'expériences sur cette matière, et elle est assez importante pour mériter l'attention du Gouvernement et les sacrifices de poudres qu'elles exigeroient.

Parmi ces expériences il en est deux que je désire depuis long-temps : je ne les ai pas proposées lorsque les mineurs étoient réunis, parce qu'alors elles auroient pu paroître étranges ; mais le moment de tout dire étant arrivé, et les sacrifices de l'amour propre ne devant rien coûter lorsqu'on n'a en vue

que le bien public, je vais les proposer ici, en prévenant d'avance que si elles réussissoient, la défense souterraine perdroit bientôt ses avantages sur l'attaque.

Première expérience.

Les physiciens et les chimistes sont tous d'accord que l'air libre résiste, par son ressort, en raison de la vîtesse du corps qui le choque ; que s'il est choqué subitement par un autre fluide élastique comme lui, il résiste encore davantage; et que si ce fluide choquant se trouve dans un violent état d'ignition, alors la résistance du ressort de l'air devient prodigieuse : de là je conclus qu'une certaine quantité de poudre, enflammée en plein air, éprouvera de la part de l'atmosphère une violente résistance, qui nécessairement sera suivie d'une pareille réaction du fluide de la poudre contre la surface du terrain, où elle doit produire une forte commotion.

Ce principe posé, ne peut-on pas l'employer à la destruction des premiers rameaux et demi-galeries d'une disposition de fourneaux?

C'est à l'expérience à prononcer ; et voici comment je désirerois qu'elle fût faite. On construiroit une disposition de fourneaux à plusieurs étages. Hors de la portée des premiers fourneaux, c'est-à-dire, à environ 5 mètres (15^{pieds}), on pratiqueroit un creux d'un mètre (3^{pieds}) en quarré, sur 2 mètres (6^{pieds}) de profondeur, pour recevoir 1470 kilogrammes (2940^{lb}) de poudre, contenus dans quatre-vingt-six sacs à terre, de 3 à 4 décimètres (12 à 15^{pouces}) de diamètre, à raison d'environ 17 kilogrammes (34 ^{lb}) de poudre par sac, auxquels on donneroit le feu par un saucisson, dont l'auget seroit élevé de

3 à 4 décimètres (12 à 15 pouces) au-dessus des derniers sacs et aboutiroit au centre de la charge.

Si cette expérience ne réussissoit pas à crever les rameaux et demi-galeries de la disposition, alors on la tenteroit de la manière suivante : on feroit jouer un fourneau du premier étage de la disposition, et on déblayeroit à la hâte le fond de l'entonnoir, seulement pour qu'il puisse recevoir les 1470 kilogrammes (2540 lb) de poudre, auxquels on donneroit le feu tout de suite.

Deuxième expérience.

Tout le monde connoît les effets prodigieux de quelques onces de poudre placées dans un pétard, sur le pourtour du foyer. Ne peut-on pas en conclure que si la charge du pétard augmente considérablement, ses effets autour du foyer augmenteront aussi dans le même rapport?

Pour l'éprouver, je propose de placer, hors de la portée des premiers fourneaux d'une disposition défensive, un puits de 0,66 mètres (2 pieds) en quarré, sur 6,50 mètres (19 pieds 6 po.) de profondeur, au fond duquel on pratiqueroit, du côté de l'ennemi, une chambre ou fourneau de 1,30 mètres (4 pieds) de toute face, enfoncé de 0,66 mètres (2 pieds) au-dessous du sol du puits ; on chargeroit cette chambre de 1470 kilogrammes (2940 lb) de poudre, dans le même nombre de sacs à terre qu'à la première expérience ; on fermeroit l'entrée de la chambre avec de forts plateaux qui seroient bien arcboutés contre les parois du puits, et on y donneroit le feu sans bourrage.

Si cet essai ne réussissoit pas, on tenteroit la même expérience en bourrant en plein le puits sur toute sa hauteur. On

a supprimé le bourrage dans le premier essai, parce qu'il demanderoit du temps, toujours précieux à économiser devant un ennemi intelligent, tel qu'on doit le supposer, et qui pourroit arriver à votre foyer avant que le bourrage du puits ne soit terminé.

Les avantages que l'attaque des places retireroit de ces deux expériences, si elles réussissoient, comme il y a lieu de le croire, suffisent pour justifier les dépenses que l'essai exigeroit. *

---

* Mes idées sur cet objet ont été justifiées complétement par les expériences que j'ai fait faire à Metz, en l'an 9, sur le bourrage des mines, et que l'on trouvera à la fin de ces mémoires.

TRAITÉ

DE LA

FORTIFICATION SOUTERRAINE.

TROISIÈME PARTIE.

APPLICATION A LA DÉFENSE DES PLACES.

CHAPITRE PREMIER.

Recherches sur la marche que peut suivre l'assiégeant à l'attaque d'un front défendu par les mines.

Un système de mines ne pouvant être utile qu'autant qu'il sera raisonné d'après l'attaque du front proposé, il est naturel d'examiner d'abord la marche que peut suivre, à l'attaque d'un front défendu par les mines, un assiégeant actif, intelligent, à qui l'on doit toujours supposer la connoissance de la position des anciennes galeries de mines et du nombre de mineurs employés à la défense de la place, ainsi que l'époque où ils ont commencé les nouveaux ouvrages dont il n'aura pu se procurer des plans.

Digitized by Google

Le front donné sera soumis ou non aux ricochets, et la conduite de l'assiégeant pouvant être très-différente dans les deux cas, il convient de les examiner séparément.

I.er CAS,

Lorsque le front donné est soumis aux ricochets.

Pl. 3, *fig.* 3*a*. La marche régulière pour la conduite des siéges, tracée à la fin du siècle dernier par le maréchal de Vauban, a été copiée par tous ceux qui depuis se sont occupés de cette partie de l'art de la guerre; et personne n'a encore voulu voir que nos moyens actuels pour l'attaque et la défense sont bien différens de ceux que l'on employoit alors. En effet, les batteries à ricochet que l'on doit à Vauban, mais dont le tir s'est porté depuis lui à un très-haut degré de perfection, étant établies sur le prolongement des faces de tous les ouvrages du front d'attaque, donnent présentement à l'assiégeant un moyen assuré d'abréger les siéges et de rendre les approches beaucoup moins dangereuses; et les mines défensives, peu connues du temps de Vauban, peuvent fournir à l'assiégé les moyens de balancer l'avantage que les batteries à ricochets donnent à l'assiégeant. Mais puisque nos principaux moyens d'attaque et de défense sont changés, pourquoi l'assiégeant n'a-t-il pas encore essayé de changer aussi la direction de ses approches, s'il peut en résulter de l'avantage pour lui? pourquoi reste-t-il toujours assujetti à suivre strictement et dans tous les cas la capitale, quand même il seroit assuré que le dessous est hérissé de fourneaux de mines? Je demanderai encore pourquoi les officiers de mineurs ont employé jusqu'à ce jour, dans tous les cas, les mêmes moyens de défense par les mines?

Il me semble cependant qu'il peut y avoir une très-grande différence dans la manière d'attaquer et par conséquent dans celle de défendre les places, suivant que les fronts donnés sont soumis ou non aux ricochets. Cette question n'ayant pas encore été examinée, je vais la développer, en traçant aux approches de l'assiégeant, devant un front défendu par les mines et soumis aux ricochets, une nouvelle direction qui, sans l'exposer davantage aux feux de la place, puisse lui faire éviter toutes les dispositions de mines préparées contre lui d'après les systèmes qui ont paru jusqu'à ce jour.

La seconde parallèle sera établie à environ 390 mètres (195toises) des faces des ouvrages à battre : on placera en avant des batteries de canon à ricochets sur les prolongemens des faces de tous les ouvrages du front d'attaque, et des batteries de mortiers entre celles de canon ; ces batteries seront construites de manière qu'on ne soit pas dans le cas de les déplacer, et elles seront assez fortes pour ricocher en même temps les faces, les fossés et les branches de chemins couverts de chaque ouvrage. *Fig.* 82.

L'assiégeant suivra des capitales pour arriver de la seconde parallèle à la troisième, qui sera établie à environ moitié de la distance comprise entre la seconde et les faces à battre : on placera en avant de cette troisième parallèle et sur les mêmes directions que celles de la seconde, des batteries *A* d'obusiers de 6 et 8 pouces (0,162 à 216c) et de canons de 12 (0,325c) ; les approches sur chaque capitale se continueront par une portion de tranchée circulaire, qui se rapprochera plus ou moins des saillans suivant la connoissance qu'aura l'assiégeant de l'étendue des principales galeries de mines de la place en avant des glacis ; et dans ces tranchées circulaires on établira

des batteries de deux obusiers *D* sur les prolongemens des branches des deux places d'armes rentrantes du front d'attaque. Dans cet état de choses, l'assiégeant pourra s'écarter de 16 à 24 mèt. (8 à 12 toises) des capitales, et cheminer de part et d'autre et parallèlement par des sappes doubles; les têtes de ces sappes seront conduites jusqu'à la hauteur des prolongemens des branches du chemin couvert, où elles se briseront pour communiquer d'un saillant à l'autre et former une quatrième parallèle, laissant vide l'espace compris entre les sappes doubles de part et d'autre des capitales, et en observant de rapprocher les branches de cette quatrième parallèle des saillans des places d'armes rentrantes, autant qu'on le pourra sans s'exposer aux enfilades; on placera dans cette quatrième parallèle des batteries de pierriers et mortiers *B* sur les capitales des places d'armes rentrantes.

Pl. 3, demi-front de droite.

Lorsque la quatrième parallèle sera en état, l'assiégeant attaquera le chemin couvert de vive force et s'emparera de son terre-plein, dans lequel il établira, à sappe volante, un logement provisoire autour des arrondissemens des contrescarpes et au pied de la banquette des branches du chemin couvert comprises entre les traverses des places d'armes saillantes et rentrantes, comme on le voit à l'attaque du chemin couvert du bastion 2 et de la branche droite de la demi-lune 3, ainsi que la communication *C* ou *G* à la quatrième parallèle, faites également à sappe volante. Ces communications doivent être placées de manière à ne pas gêner le tir à ricochet des batteries *A* contre les faces de la demi-lune 3 et des deux bastions de l'attaque. Celle *C*, étant défilée du saillant du bastion *I*, rempliroit très-bien son objet, si elle n'occupoit pas une partie du terrain destiné aux contre-

batteries

tre-batteries des épaules et des flancs, et si elle n'étoit pas encore exposée aux mines de l'assiégé contre ces batteries : celles *G*, dirigées vers les traverses saillantes, sont moins exposées aux mines sous les branches saillantes et ne gênent point les batteries *A*; elles auront peu à craindre de l'enfilade du bastion 2, dont on pourroit encore les garantir en les approfondissant et en y faisant de fréquentes traverses. A mesure que le travail du logement dans l'intérieur du chemin couvert avancera, on y multipliera les attaques des mineurs, qui ouvriront des puits *P* d'environ 3 mètres (9 à 10 pieds) de profondeur aux extrémités des petits logemens, tels que ceux *E*, pour descendre vers la galerie de contrescarpe dont la destruction sera inévitable, ainsi que le renversement de la contrescarpe; après quoi l'assiégeant pourra sans danger couronner le chemin couvert et établir ses batteries de brèche sur sa crête, d'où il ne peut manquer de découvrir le pied de l'escarpe; puisque la contrescarpe sera alors détruite vis-à-vis l'emplacement des batteries : voilà une esquisse de la marche que peut suivre l'assiégeant, en la variant suivant la connoissance qu'il pourra avoir de la position des principales galeries de la place. On voit que cette marche est fondée sur celle des sapes dirigées parallèlement aux capitales pour traverser les glacis, sur la formation d'une quatrième parallèle et l'attaque de vive force du chemin couvert, et sur l'établissement d'un logement dans son terre-plein pour y multiplier les attaques des mineurs contre la galerie de contrescarpe : il s'agit de prouver que ces trois principaux objets peuvent s'exécuter, et qu'ils feront parvenir l'assiégeant à éviter les dispositions des mines faites contre lui d'après les systèmes employés jusqu'à ce jour.

1.° Les sapes doubles, dirigées parallèlement aux capitales, à la distance de 16 à 24 mètres (8 à 12 toises) et terminées au prolongement des branches saillantes du chemin couvert, ne seront pas plus exposées aux feux de la place que si elles marchoient sur les capitales mêmes. Pour se convaincre de cette verité, il faut examiner l'effet des différens feux de canon et de mousqueterie qui peuvent défendre l'approche des glacis. Ces feux peuvent être directs ou obliques, suivant qu'ils seront perpendiculaires ou non aux parapets; sous ce rapport le glacis de la capitale du bastion de droite est défendu directement par les places d'armes rentrantes 5 et 7, et obliquement par les demi-lunes 3 et 8, par ses propres faces et tous les chemins couverts de ces ouvrages, que nous supposerons pouvoir agir en même temps que les faces: cela posé, j'observe que le feu direct de la mousqueterie des places d'armes rentrantes est trop rapproché du glacis de la capitale saillante pour incommoder avec des cartouches ordinaires la tête de la tranchée dirigée sur la capitale ou parallèlement à cette capitale. En effet, ces places d'armes n'ayant pas à beaucoup près assez de commandement pour plonger dans les tranchées, que nous devons supposer profondes et traversées fréquemment pour être hors de la vue des faces les plus élevées du front, les balles qui en partiront, parcourant encore leur branche ascendante, lorsqu'elles se trouveront à hauteur du glacis de la capitale saillante, passeront au-dessous des têtes de tranchées établies sur ces glacis: mais en supposant qu'elles puissent les incommoder, il me paroît démontré par le quadrilatère 10, 11, 12 et 13, que forment les lignes de feu direct menées des extrémités des faces des places d'armes rentrantes, que la sape qui chemi-

neroit sur la capitale suivant la ligne 10 et 12 auroit plus à souffrir que chacune des deux sapes dirigées parallèlement à cette capitale, puisque toute cette ligne se trouve soumise aux feux croisés des deux faces, tandis que les 0,75 de l'étendue de chaque tranchée parallèle à la capitale ne sont exposés qu'au feu d'une seule face, et que pour envelopper la totalité de chacune de ces tranchées dans le croisement des feux, il faudroit les rendre obliques, divergens et même rasant la crête du parapet des branches saillantes; ce qui pourroit nous devenir dangereux à nous-mêmes, et le tout pour obtenir contre les nouvelles sapes un effet semblable à celui auquel se trouve exposée la sape sur la capitale.

Le feu du canon placé sur les demi-lunes seroit aussi dangereux pour la tête de sape sur la capitale du bastion que pour celle qui seroit parallèle à cette capitale, au moyen d'un peu plus d'obliquité donnée à la pièce, dont la différence d'inclinaison seroit tout au plus de trois degrés; ce qui n'occasionneroit, à la queue de l'affût de place d'une pièce de douze, qu'un mouvement d'environ 2 décimètres ($7^{pouc.}\,4^{lign.}$) à droite ou à gauche.

Quant au feu de mousqueterie partant des demi-lunes et de leurs chemins couverts, il ne peut atteindre les glacis de la capitale du bastion ou de ses environs qu'autant qu'il sera dirigé obliquement aux parapets; ce que l'on peut admettre, puisque les feux obliques font présentement partie de nos exercices d'instruction : mais alors il faut admettre aussi qu'en plaçant les fusiliers obliquement aux parapets, trois degrés n'augmenteront pas de beaucoup l'obliquité de leur position, puisque cette augmentation ne sera que d'environ 3 centimètres (1^{pouce}) d'écartement de plus pour un homme.

Il reste à examiner l'effet des feux qui partiront du bastion et des branches de son chemin couvert : il est évident que si l'on peut conserver l'obusier en capitale malgré les feux des batteries de l'assiégeant, il sera beaucoup plus nuisible à la sape sur la capitale même qu'à celle qui en seroit écartée de 20 ou 24 mètres (10 ou 12 toises); et que si l'on prétend pouvoir enfiler ces dernières sapes par plusieurs pièces placées sur leur prolongement, on pourra en employer autant contre la capitale même, en les plaçant de droite et de gauche de l'obusier, puisqu'on aura dans les deux cas la même obliquité à donner aux pièces. Quant au feu de mousqueterie des faces du bastion et des branches de son chemin couvert, on peut y appliquer ce que je viens de dire pour les demi-lunes, et y ajouter la remarque suivante : c'est que le fond des sapes parallèles aux capitales étant hors de vue des faces du bastion et fréquemment traversé, les balles qui partiront de ce bastion donneront dans les gabions farcis en tête des sappes, ou dans les parties supérieures des traverses, et celles qui partiront des branches du chemin couvert passeront au-dessus de la tranchée; en sorte que je ne puis apercevoir plus de danger pour les nouvelles sapes que pour celles sur les capitales, qu'autant que les nouvelles viendroient à dépasser le prolongement des branches du chemin couvert où je les ai terminées, parce qu'alors les têtes du travail seroient vues de flanc par la partie de la branche du chemin couvert qui joint l'angle saillant. Cette dernière observation fixe dans tous les cas les points où les sapes doubles parallèles aux capitales doivent se briser pour former la quatrième parallèle, et détermine en même temps l'écartement que l'on peut leur donner en les plaçant de

manière que leur intersection avec les prolongemens des branches du chemin couvert soit à 28 ou 30 mètres (14 à 15 toises) des saillans, c'est-à-dire, hors de la portée des grenades à main qui en partiroient.

Je terminerai cet objet par la réflexion suivante, c'est que la mousqueterie des chemins couverts exécutée avec la cartouche ordinaire ne pouvant nuire, à cause de sa proximité, aux têtes de sapes sur les glacis, que dans le cas où elles prêteroient le flanc à découvert aux directions des feux, on pourroit y remédier en donnant aux cartouches beaucoup moins de charge, afin que les balles puissent plonger dans les tranchées sur les glacis; il suffiroit d'un degré de force suffisant pour mettre un homme hors de combat à la distance de 120 ou 160 mètres (60 ou 80 toises) en tirant sous un angle de trois à quatre degrés.

2.° L'établissement d'une quatrième parallèle et l'attaque de vive force du chemin couvert, ne sont pas des nouveautés; mais le moyen que j'emploie pour assurer le succès de l'attaque n'a pas encore été proposé : il consiste dans l'emplacement des parallèles, dont la troisième est au milieu de l'espace compris entre la seconde et les faces des ouvrages à battre, et la quatrième pareillement à environ moitié de l'espace compris entre la troisième et les faces ci-dessus : d'où il suit, 1.° que les batteries de la seconde parallèle pourront agir lors de la construction de celle de la troisième; 2.° que ces dernières batteries réunissant leurs feux à ceux de la seconde parallèle, diminueront de beaucoup les dangers à courir pour l'exécution des ouvrages qui restent à faire; 3.° que ces feux pourront être soutenus en totalité jusqu'à l'arrivée sur les saillans; 4.° enfin, que pendant le couronnement du

chemin couvert, soit qu'il s'exécute sur la crête ou en dedans, celles de ces batteries qui sont dirigées contre les faces des ouvrages pourront continuer leur action avec la seule attention d'augmenter la plongée des pièces de la seconde parallèle.

Il résultera de cette manière de disposer et servir l'artillerie le grand avantage d'empêcher l'assiégé de réparer ses parapets, ses batteries et son artillerie, comme il ne manqueroit pas de le faire pendant ces constructions, si l'on faisoit taire les batteries de la seconde parallèle.

Lorsque les batteries de la troisième parallèle et celles dans les portions circulaires seront en action, alors les faces des ouvrages attaqués se trouveront en but aux feux des batteries des deux parallèles, et en très-peu de temps les palissades du chemin couvert seront entièrement brisées, les parapets dégradés, les terre-pleins bouleversés et abandonnés; et ce sera pendant ce temps que l'assiégeant exécutera ses sappes doubles, sa quatrième parallèle, avec les batteries de pierriers et mortiers B, et qu'il fera ses dispositions pour l'attaque du chemin couvert qu'il trouvera sans défenseurs, puisqu'il peut continuer les feux de ses batteries jusqu'au moment même de son attaque.

Fig. 33 *et* 34. 3.° L'assiégeant, établissant de vive force son logement F dans le terre-plein du chemin couvert, aux arrondissemens de la contrescarpe et au pied de la banquette entre les traverses des places d'armes saillantes et rentrantes, avec les communications C ou G à la quatrième parallèle, y sera peu exposé aux feux de la place, attendu que, ne pouvant avoir que très-peu d'obstacles à vaincre pour pénétrer dans le chemin couvert, il y sera descendu avant que l'assiégé ait pu profiter du silence

momentané des batteries pour se porter sur les remparts, et qu'aussitôt qu'il sera abrité par le parapet du chemin couvert, les batteries *A*, dirigées sur les prolongemens des faces de la demi-lune et des bastions attaqués, ainsi que les mortiers de la quatrième parallèle, pourront rallumer et même redoubler leurs feux, sans craindre d'incommoder les travailleurs, puisque les boulets passeront à 4 ou 5 mètres (12 ou 15 pieds) au-dessus d'eux, et qu'en donnant peu de charge aux mortiers dirigés vers les places d'armes rentrantes, les bombes divergeront peu et tomberont dans ces places d'armes; il n'y aura donc que le logement autour de l'arrondissement des contrescarpes des bastions qui se trouvera exposé pendant quelque temps aux feux du flanc opposé, dont on pourroit cependant diminuer l'activité en dirigeant dessus les mortiers des batteries *B*, chargés de petites bombes ou grenades tirées sous de très-petits angles pour se procurer des ricochets.

Pour assurer le logement provisoire dans le terre-plein entre les traverses saillantes et rentrantes, on barrera les passages des traverses rentrantes par des gabionades *H*, derrière lesquelles on placera des grenadiers pour contenir les petites sorties et donner le temps aux piquets placés de droite et de gauche des batteries *B* d'accourir à leur secours et de repousser l'assiégé; sur quoi il faut observer que si l'attaque se fait de nuit et qu'elle soit bien conduite, il ne faudra qu'environ six heures de temps pour renverser la contrescarpe, en sorte que le jour suivant doit la trouver détruite. Nous aurons occasion de revenir sur cet objet dans le cours de ce mémoire.

Il paroît donc prouvé que les trois principaux objets que

l'on s'est proposé dans le tracé de la marche de l'assiégeant peuvent s'exécuter, et même avec moins de danger qu'en suivant l'ancienne disposition des approches; il reste à faire voir qu'en suivant cette marche l'assiégeant évitera toutes les dispositions de mines préparées contre lui d'après les systèmes employés jusqu'à ce jour.

Tous ces systèmes ont pour objet de s'opposer à la construction de la troisième parallèle, à la marche des têtes de sapes et à l'établissement des batteries de brèche, mais tous supposent que les positions de l'assiégeant sont déterminées, tandis qu'il n'y a rien de plus arbitraire : ainsi on suppose toujours que l'assiégeant doit établir sa troisième parallèle au pied des glacis, en menant une ligne d'un saillant à l'autre; que dans tous les cas la direction des têtes de sapes ne peut s'écarter de la capitale, et qu'en conséquence une disposition de fourneaux de mines, embrassant 14 à 20 mètres (7 à 10 toises) de surface de chaque côté de ces capitales, est suffisante; enfin, que l'assiégeant établira toujours ses batteries de brèche sur la crête du glacis, tandis que fort souvent ces batteries seroient plus avantageusement placées dans le terre-plein.

En conséquence de ces principes on trouve dans la plus grande partie des systèmes de mines défensives, des galeries d'enveloppe au pied des glacis, destinées à porter des fourneaux à 20 ou 24 mètres (10 ou 12 toises) en avant; des galeries d'écoute parallèles aux capitales, et qui en sont éloignées depuis 14 à 24 mètres (7 à 12 toises), pour l'établissement des fourneaux sous ces capitales; enfin des dispositions sous la crête des glacis contre les batteries de brèche et de contre-flanc. Voilà à quoi se réduisent tous les systèmes connus, et que je développerai

perai dans un des chapitres suivans : or il est évident, 1.° que l'assiégeant, suivant la marche que nous lui avons tracée, évitera les dispositions faites au pied des glacis contre sa troisième ou quatrième parallèles, puisqu'elles en seront éloignées, l'une d'environ 140 mètres (70 toises), et l'autre de 20 mètres (10 toises), et qu'en descendant quelques puits dans la quatrième parallèle, ses mineurs seront à même de se porter sur les nouveaux ouvrages de l'assiégé, comme celui-ci sur les leurs.

2.° Il est également certain qu'en dirigeant les têtes de sape parallèlement aux capitales et à la distance de 16 à 24 mètres (8 à 12 toises), l'assiégeant n'aura rien à craindre des dispositions faites sous ces capitales, et qu'en établissant ses mineurs à mesure d'avancement d'œuvre, il ne tardera pas à rencontrer et à détruire les écoutes de l'assiégé, ou au moins sera-t-il à même de s'opposer aux nouveaux ouvrages que le mineur assiégé pourroit tenter, sans pour cela arrêter la marche de ses têtes de sape, si ce n'est lorsqu'on sera prêt d'arriver à hauteur des prolongemens des branches du chemin couvert, où l'on doit faire les amorces de la quatrième parallèle; alors il sera prudent de suspendre les travaux extérieurs, pour donner aux mineurs le temps de détruire les dispositions que l'assiégé auroit pu faire contre les cavaliers de tranchée, sur l'emplacement desquels doit passer la quatrième parallèle, au moyen de quelques milliers de poudre placés au fond d'un puits de 5 à 6 mètres (15 à 18 pieds) de profondeur.

3.° Enfin l'assiégeant, attaquant le chemin couvert de vive force, et établissant dans le terre-plein ses logemens et ses mineurs, sera bientôt maître de la galerie de contrescarpe,

et par conséquent de toutes les dispositions faites sous la crête des glacis, en sorte qu'il pourra arriver à la place sans avoir essuyé de grands dangers de la part des dispositions de mines préparées contre lui.

Si l'assiégeant connoît les principales galeries de l'assiégé, comme cela est très-probable, il aura encore bien plus d'avantages en faisant ses dispositions d'approche de manière à diriger les têtes de sape sur les galeries même, avec l'attention de faire ouvrir des puits à mesure d'avancement d'œuvre, pour détruire ces galeries par quelques barils de poudre placés au fond sur l'extrados de la voûte, à quoi l'assiégé ne peut s'opposer qu'en faisant lui-même le sacrifice de ses galeries, et rendant par conséquent inutiles toutes les dispositions de fourneaux qui y aboutissent : sur quoi il est essentiel d'observer que si l'assiégé prend ce parti, il sera obligé, pour rendre l'effet de cette destruction sensible à la surface du terrain, de bourrer la galerie de part et d'autre du point qu'il veut détruire sur une longueur à peu près égale à sa ligne de M.R., ce qui exigera de sa part beaucoup plus de temps qu'il n'en faudra au mineur assiégeant pour effectuer cette destruction.

Concluons donc que si, à l'attaque d'un front soumis aux ricochets et miné suivant les systèmes connus, l'assiégeant suit la marche que je viens de tracer, ou toute autre fondée sur les mêmes principes, il arrivera à la place sans être plus exposé à ses feux qu'en suivant la marche ordinaire, et sans avoir rien à craindre des dispositions de mines préparées contre lui.

2.e Cas.

Lorsque le front défendu par les mines ne peut être battu à ricochet.

Examinons présentement quelle peut être la marche de l'assiégeant à l'attaque d'un front qui n'est point soumis aux ricochets, pour éviter une partie des dispositions de mines faites contre lui. Rien n'empêche l'assiégeant de conduire une grande partie de ses approches, dans le cas dont il s'agit ici, comme dans le précédent, c'est-à-dire qu'il peut, 1.° marcher sous la protection de quatre parallèles pour éviter les dispositions de mines entre la troisième et la quatrième; 2.° multiplier dans la seconde et la troisième parallèles ses batteries de canon pour battre de plein fouet les parapets et maçonneries en vue, mais plus particulièrement les batteries de mortiers et obusiers, qui peuvent tirer les uns et les autres sans embrasures, avec de petites charges et sous des angles de 10 à 15 degrés, pour porter les bombes et obus dans les masses des parapets, où elles s'enfonceront assez pour y produire, en crevant, des petites fougasses qui auront bientôt détruit les parapets, ainsi que cela est arrivé aux siéges de Mayence et de Valenciennes, en 1793, où les ennemis ont employé avec succès ce genre de tir. 3.° Il peut diriger ses sapes sur les glacis parallèlement aux capitales et à 20 ou 24 mètres (10 à 12 toises) d'écartement, pour éviter les mines sous ces capitales, en sorte que la marche que nous avons tracée précédemment pourroit s'appliquer ici en totalité, si l'assiégeant se décidoit à de grands sacrifices pour assurer le succès de l'attaque de vive force des grandes branches du chemin couvert. Mais cette attaque, qui ne présente pas d'obstacles

dans le cas précédent, devient ici bien incertaine, très-difficile et très-périlleuse, attendu que l'assiégeant ne doit pas s'attendre à trouver les palissades brisées et les parapets dégarnis de défenseurs, comme cela doit arriver lorsqu'ils sont battus long-temps par les ricochets; et si l'assiégé sait profiter de tous les avantages que lui donne sa position, comme on doit le supposer, il pourra faire échouer en totalité l'entreprise de l'assiégeant, après lui avoir détruit beaucoup de monde, ou du moins le forcer à la restreindre à l'établissement d'un logement sur la créte du glacis des places d'armes saillantes, jusqu'aux premières traverses, auquel il pourra communiquer, depuis sa quatrième parallèle, par des sapes placées sur le prolongement des branches saillaintes du chemin couvert, comme on le voit à l'attaque de la gauche de la demi-lune 3 et du bastion *I*. Mais il n'est guères possible d'admettre qu'il puisse s'emparer d'emblée de toute l'étendue de ces branches saillantes, ni se loger et se maintenir dans son terre-plein, puisque l'on suppose ici qu'il ne peut y être protégé par les batteries *A*; il est donc probable qu'il sera forcé d'achever pied à pied le couronnement de la crête de ces branches, pour y placer les mineurs qui doivent se porter sur la galerie de contrescarpe, ou bien, s'il veut les établir dans le terre-plein du chemin couvert, il faudra qu'il fasse derrière les traverses saillantes sa descente dans ce terre-plein, et qu'il construise également pied à pied les logemens qui lui seront nécessaires pour protéger ses mineurs.

Il suit de ce qui précède que si le front n'est pas soumis au ricochet, l'assiégeant n'évitera qu'une partie des dispositions de mines faites contre lui, et que, par conséquent, les moyens

de défendre les places par les mines, ne doivent pas être les mêmes dans ce cas que dans celui où le front peut être battu à ricochet, ainsi que je l'ai annoncé au commencement de ce chapitre.

Je ne tiens point du tout au tracé que j'ai donné de la marche de l'assiégeant, et les maîtres de l'art peuvent le varier à volonté; je demande seulement que l'on convienne que,

1.° Lorsque le front d'attaque est défendu par les mines, l'assiégeant peut et doit en parcourir les glacis en s'écartant des capitales de 20 à 24 mètres (10 à 12 toises).

2.° En faisant ses approches sous la protection de quatre parallèles, il peut, lorsque le front est soumis aux ricochets, s'emparer de vive force du chemin couvert, se loger dans son terre-plein et y multiplier les attaques de ses mineurs contre la galerie de contrescarpe; et si le front ne peut être pris à ricochet, il sera forcé d'exécuter pied à pied-la plus grande partie de ses logemens sur la crête du glacis et le terre-plein du chemin couvert.

CHAPITRE SECOND.

Essai sur la solution de quelques questions relatives aux mines.

PREMIÈRE QUESTION.

DOIT-ON borner la défense par les mines à celle du chemin couvert et du corps de place? ou doit-on commencer cette défense en avant du pied des glacis?

SECONDE QUESTION.

Doit-on établir des galeries d'enveloppe sous les glacis et en avant même des glacis ?

TROISIÈME QUESTION.

Pour détruire les têtes de sape sur les capitales des glacis, doit-on préférer les écoutes parallèles aux capitales et servant de flancs aux fourneaux, à celles qui seroient situées sous les capitales même ?

QUATRIÈME QUESTION.

Quelle est la meilleure position à donner à la galerie de contrescarpe ? Doit-on multiplier ses débouchés dans les fossés ? Faut-il les supprimer pendant le siége, et dans ce cas quel moyen peut-on employer pour les remplacer ?

CINQUIÈME QUESTION.

Dans un système de mines doit-on construire à l'avance, c'est-à-dire, long-temps avant le siége, toutes les galeries et rameaux ?

SIXIÈME QUESTION.

Les rameaux destinés à une défense souterraine doivent-ils être construits avant l'arrivée de l'assiégeant sur les glacis, ou doit-on attendre que la sape y soit établie pour se porter dessous ?

Observations préliminaires.

Avant que de commencer la discussion de ces questions, il convient d'établir, comme vérité démontrée ou axiome, que si l'on exécute pendant la paix un projet de mines de quelque importance, les positions des principales galeries seront bientôt connues de l'étranger qui voudra les connoître. En

effet, les plans de mines un peu considérables, tant anciens que modernes, même ceux des systèmes ou projets, sont entre les mains de tout le monde; et il en sera de même de tout ouvrage nouveau, parce qu'il faudra toujours confier ces plans à trop de monde pour pouvoir compter sur la fidélité de tous : d'ailleurs les François occupant dans ce moment toutes les places ennemies qui se trouvent sur les théâtres ordinaires de nos guerres, il est hors de doute que nous aurons tous les renseignemens sur les mines qui peuvent exister dans ces places, ainsi que sur les nouveaux ouvrages de ce genre qui peuvent être encore en projet.

PREMIÈRE QUESTION.

Doit-on borner la défense par les mines à celle du chemin couvert et du corps de place, ou doit-on la commencer en avant du pied des glacis?

Les officiers de mineurs qui, depuis l'établissement des parallèles et des batteries à ricochets, ont donné des systèmes de mines pour la défense des places, tels que Valliere, Goulon, Delorme, Belidor, etc., ont borné leurs dispositions les plus éloignées de la place à 80 ou 100 mètres (40 ou 50 toises) des saillans, pour retarder l'établissement de la troisième parallèle.

Rugy est le premier qui ait projeté, dans son plan général de défense, de s'opposer à l'établissement des batteries de la seconde parallèle sur les prolongemens des faces; mais ce projet n'ayant point été exécuté à l'école de Verdun, on doit croire que l'auteur ne comptoit l'employer que dans le cas où le terrain n'offriroit qu'une seule position à l'établissement des batteries de la seconde parallèle, et qu'il le destinoit alors

non pas à détruire les batteries même, mais à en rendre la construction plus difficile, en bouleversant entièrement le terrain unique sur lequel on seroit forcé de les construire. On doit donc regarder comme décidé par tous les maîtres de l'art, que la défense des places par les mines doit se borner à celle des glacis et du chemin couvert. La meilleure raison qu'on puisse en donner, c'est que si l'on portoit une disposition de fourneaux fort en avant du pied des glacis, il faudroit la soutenir par d'autres dispositions en-deçà et très-rapprochées les unes et des autres; car autrement, l'ennemi, qui auroit connoissance de l'étendue des écoutes avancées, ne manqueroit pas, vu l'éloignement où l'on seroit alors de la palissade, de porter dessus un bout de sape volante pour couper ces écoutes en-deçà de la première disposition de fourneaux, qui par ce moyen deviendroit inutile : il faudroit donc, comme je viens de le dire, soutenir cette première disposition par d'autres, ce qui ne seroit pas impossible, mais du moins très-dispendieux, et ne procureroit pas des avantages proportionnés à la dépense, parce que l'assiégeant sera d'autant plus entreprenant qu'il sera plus éloigné de la palissade. Je bornerai donc la défense souterraine à celle des glacis du chemin couvert et du corps de place.

SECONDE QUESTION.

Doit-on établir des galeries d'enveloppe sous les glacis et en avant même des glacis ?

Les Valliere, Delorme etc. établissent une et même deux galeries d'enveloppe en avant de la palissade, avec des écoutes; les Goulon, Rugy les suppriment. Entre ces autorités respectables on ne doit se décider qu'après la discussion.

Ceux

Ceux qui n'établissent qu'une galerie d'enveloppe, ont pour objet de faciliter l'exécution des fourneaux du second et du troisième étage contre les établissemens de l'ennemi sur la crête du parapet; alors elle peut être placée à 20 ou 24 mètres (10 ou 12 toises) en avant de la palissade: mais ceux qui veulent en même temps s'opposer à la formation de la troisième parallèle par le jeu répété de plusieurs étages de fourneaux, établissent une seconde enveloppe à 18 ou 20 mètres (9 ou 10 toises) en avant de la ligne tirée par les extrémités des arêtes du glacis, et rapprochent à la même distance de cette ligne la première enveloppe; en sorte que le chemin que l'on voudroit faire suivre à l'ennemi pour former sa troisième parallèle, se trouve entre les deux enveloppes.

Examinons si cet appareil est fait pour en imposer à l'assiégeant, toujours prévenu de la position des galeries principales.

On conviendra d'abord que les enveloppes ne pouvant contribuer en rien à retarder la marche de l'assiégeant sur les capitales, il arrivera à leur intersection, comme si elles n'existoient point; et s'il y a deux enveloppes, il pourra choisir celle des deux qui lui conviendra le mieux, pour diriger dessus sa parallèle, avec l'attention d'établir les puits de ses mineurs à chaque débouché de cette parallèle, en sorte que, dans la durée d'une nuit, l'enveloppe pourra être attaquée par quatre brigades de mineurs, et détruite aux points où elle communique avec les écoutes des saillans, sans que l'assiégé puisse s'opposer autrement qu'en la détruisant lui-même. S'il n'y a qu'une enveloppe placée à 20 ou 24 mètres (10 ou 12 toises) de la palissade, avec des écoutes prolongées jusqu'au pied des glacis; alors l'assiégeant pourra placer sa troisième paral-

lèle à 16 ou 20 mètres (8 ou 10 toises) en arrière des écoutes, et y établir ses mineurs pour se mettre seulement aux écoutes de leur côté. Lorsque cette troisième parallèle sera établie, et la sape poussée jusqu'aux intersections de l'enveloppe avec les communications placées vers la capitale, l'assiégeant dirigera dessus cette enveloppe, avec la précaution que nous venons de détailler, une quatrième parallèle, d'où il partira, comme nous l'avons dit dans le chapitre précédent, pour attaquer le chemin couvert : on conçoit qu'une fois maître de cette enveloppe, et par conséquent des fourneaux inférieurs de l'assiégé, il pourra facilement rendre inutiles ceux du premier étage, et faire ses établissemens sur la crête du chemin couvert, sans être obligé de s'emparer de la galerie de contrescarpe.

On peut encore ajouter à ce que nous venons de dire contre les galeries d'enveloppe, que, prêtant leur flanc aux effets du globe de compression ou fourneaux surchargés [1], elles pourront être détruites aisément, si elles n'ont pas en avant d'elles des écoutes très-prolongées et assez multipliées pour arrêter au loin, et sur toute l'étendue du terrain, le mineur assiégeant dans son travail pour l'établissement du globe de compression; ce qui exigeroit un nombre d'écoutes d'autant plus considérable que l'enveloppe seroit plus éloignée de la palissade et porteroit la défense souterraine au-delà des glacis. Si les auteurs des enveloppes avoient eu connoissance ou avoient voulu ajouter foi aux effets des globes de compression et à la difficulté de garantir les enve-

1. Quoique je n'admette pas la définition de Belidor, ainsi que je l'ai dit dans la seconde partie, je ne laisserai pas que de l'employer toutes les fois qu'il sera question d'une surcharge de fourneau.

loppes de ces effets, il est probable que cela seul auroit suffi pour les engager à y renoncer.

Concluons donc que l'assiégeant pouvant aisément s'emparer des enveloppes dont les positions lui sont toujours connues, ou les détruire, on doit sans hésiter se ranger à l'avis de Goulon et Rugy, qui les suppriment.

TROISIÈME QUESTION.

Pour détruire les têtes de sapes sur les capitales des glacis, doit-on préférer les écoutes parallèles aux capitales et servant de flanc aux fourneaux, à celles qui seroient situées sous les capitales mêmes ?

Pour résoudre cette question, il faut examiner les avantages et les désavantages de part et d'autre, balancer les uns avec les autres, et adopter celle des deux positions qui paroîtra avoir le moins d'inconvéniens.

Avantages des écoutes parallèles aux capitales.

1.° Je regarde comme un des plus grands avantages de cette disposition, la facilité d'établir un courant d'air dans les galeries, en leur donnant différentes issues dans les fossés, et en joignant leurs extrémités par une transversale.

2.° Il résulte de ce premier avantage, que l'on peut prolonger les écoutes à volonté, et commencer la défense souterraine d'aussi loin qu'on le jugera à propos.

3.° On est maître d'éloigner les écoutes des capitales, autant qu'il sera nécessaire pour avoir entre elles une surface suffisante au développement des dispositions de fourneaux à trois étages, que l'on peut répéter autant de fois qu'on le voudra, puisqu'on peut prolonger les écoutes à volonté.

4.° En établissant les fourneaux dans l'espace compris entre les écoutes et la transversale aux extrémités, on reste toujours maître des galeries, ainsi que du courant d'air, après leur exécution.

5.° Enfin, le courant d'air facilite beaucoup l'évacuation de la fumée après l'explosion des fourneaux.

Désavantages des écoutes parallèles aux capitales.

Je n'en connois qu'un, mais il est tel, à mon avis, qu'il balance lui seul tous les avantages ci-dessus; c'est que ces écoutes, placées sur les flancs et en avant des fourneaux, sont nécessairement en prise aux attaques du mineur assiégeant. En effet, celui-ci connoîtra ou ignorera leur position: dans le premier cas, qu'il faut presque toujours admettre, on conçoit qu'il n'aura garde de diriger ses sapes entre les écoutes, mais qu'il préfèrera de marcher à sape double sur les écoutes mêmes, pour les faire détruire par ses mineurs ou forcer l'assiégé à les détruire lui-même. Dans le second cas, qui sera bien plus rare que le premier, l'assiégeant aura à essuyer le jeu des premiers fourneaux; après quoi il faut bien admettre qu'il fera fouiller le terrain de part et d'autre des capitales: et pour peu qu'il multiplie ses attaques, on conçoit encore qu'il découvrira la direction des galeries, et dès-lors ce second cas rentre dans le premier.

Dira-t-on que l'assiégeant ne peut pas s'écarter des capitales sans s'exposer davantage aux feux de la place ?

A cela je répondrai 1.°, que si le front est soumis aux ricochets, les feux de la place seront presque éteints lorsque l'assiégeant arrivera aux pieds des glacis, et qu'alors il

pourra fort bien, sans danger de plus, s'écarter de 14 à 16 mètres (7 à 8 toises) des capitales; 2.°, que si les feux de la place ne peuvent être éteints par les ricochets, l'assiégeant aimera mieux encore s'écarter des capitales, en cheminant par une sape double bien traversée, profonde et solide, plutôt que de parcourir un espace hérissé de fourneaux.

Avantages des écoutes situées sous les capitales.

Le seul avantage de cette disposition, c'est que l'assiégeant ne peut arriver à l'écoute qu'après avoir essuyé tous les feux de la disposition de fourneaux établis à l'extrémité.

Désavantages des écoutes situées sous les capitales.

1.° Le plus grand désavantage de cette disposition, c'est qu'en ne construisant qu'une seule galerie, on ne peut pas y établir de courant d'air.

2.° De là il suit qu'on ne peut commencer la défense souterraine qu'à 60 ou 80 mètres (30 ou 40 toises) des saillans;

3.° Que l'on ne peut établir qu'une ou deux dispositions de fourneaux le long de l'écoute, vu son peu d'éloignement des saillans;

4.° Enfin, qu'il faut toujours avoir recours au ventilateur pour l'évacuation de la fumée.

RÉSUMÉ.

Nous venons de voir que les écoutes parallèles aux capitales et servant de flanc aux fourneaux, doivent tous leurs avantages au courant d'air que l'on peut y établir; mais qu'elles

sont nécessairement en prise aux attaques du mineur assiégeant, et qu'il peut arriver qu'elles deviennent inutiles, ainsi que les dispositions de fourneaux qu'elles renferment, devant un ennemi intelligent et actif, tel qu'on doit toujours le supposer.

Nous avons vu pareillement que lorsque les écoutes sont sous les capitales et composées d'une seule galerie, l'assiégeant est forcé pour y arriver d'essuyer le feu des fourneaux aux extrémités; mais que le défaut de circulation d'air oblige d'établir ces fourneaux à peu de distance des saillans, et d'avoir sans cesse recours au ventilateur pour l'évacuation de la fumée.

La question se réduit donc à choisir entre des dispositions de fourneaux commodément établis sous différens points des arêtes du glacis, mais dont l'exécution est très-incertaine, et une seule disposition de fourneaux moins commode, mais que l'ennemi ne peut éviter; et attendu qu'il est naturel de préférer le certain à ce qui ne l'est pas, j'adopte les écoutes sous les capitales: je n'en excepte pas même le cas où la mauvaise qualité du terrain pourroit empêcher le mineur assiégeant d'entrer en galerie, comme cela lui arriveroit sous les glacis de l'ouvrage à corne de la citadelle de Metz, composés de sable mouvant, parce que, dans ces sortes de terrains, il n'est pas possible que l'assiégé puisse construire ses écoutes autrement qu'à cul ouvert, et que dès-lors leur position ne peut être ignorée de l'étranger; car s'il les construit pendant la paix ou long-temps avant le siége, l'ouvrage sera connu de tout le monde, et s'il ne les construit que peu de temps avant le siége, les directions resteront tracées par les remblais mêmes.

L'examen que l'on vient de faire de la question sur les écoutes, conduit naturellement à conclure,

1.° Que l'on doit rejeter les galeries, soit d'écoutes, soit transversales, établies sur les flancs, ou en avant d'une disposition de fourneaux, parce qu'elles perdent tous leurs avantages pour la conduite des rameaux et la libre circulation de l'air, par le danger qu'elles courent sans cesse d'être détruites avant l'exécution des fourneaux qu'elles renferment.

2.° Que, de même que les différentes communications d'une place aux ouvrages extérieurs doivent être assurées et protégées par eux, les galeries, qui sont les communications des mineurs à leurs fourneaux, doivent toujours être défendues par eux; ainsi toute disposition des feux doit être en avant des galeries qui y conduisent.

3.° De là il suit que pour détruire les têtes de sapes, les mêmes galeries ne doivent jamais aboutir qu'à une seule disposition de fourneaux, et que si l'on veut en établir plusieurs sous les glacis, elles doivent avoir chacune leurs galeries de communication indépendantes les unes des autres, afin d'assurer leur succès dans tous les cas.

4.° Que si la première disposition de fourneaux contre les sapes doit être éloignée des saillans, et que, pour y arriver et se procurer un courant d'air, on soit obligé de construire deux galeries parallèles ou inclinées entre elles et ayant différentes issues dans les fossés; on peut alors rapprocher à volonté ces deux galeries l'une de l'autre et même les accoler par un pied droit commun. Cette dernière construction, en établissant le courant d'air, donneroit à l'écoute sous la capitale tous les avantages des écoutes parallèles plus ou moins éloignées entre elles, sans en avoir les inconvéniens, et on

pourroit alors pousser en avant des saillans, la première disposition des fourneaux, autant qu'on le jugeroit à propos, sans nuire à l'établissement d'autres dispositions de fourneaux entre cette première et les saillans, auxquelles on communiqueroit par d'autres galeries.

QUATRIÈME QUESTION.

Quelle est la meilleure position à donner à la galerie de contrescarpe? Doit-on multiplier ses débouchés dans les fossés? faut-il les supprimer pendant le siége, et dans ce cas quel moyen peut-on employer pour les remplacer?

La galerie de contrescarpe a été adossée par les uns à la contrescarpe même; d'autres la placent au milieu de la largeur du terre-plein; d'autres enfin sous la banquette du chemin couvert. Laquelle de ces positions doit-on préférer? C'est un objet que je regarde comme essentiel à discuter.

Il est incontestable qu'une place est aux abois lorsque les batteries de brèche sont établies; les plus grands efforts des mines de l'assiégé doivent donc tendre à s'y opposer, et la galerie de contrescarpe doit être placée de manière à pouvoir détruire les batteries de l'assiégeant, soit sur la crête, soit dans le terre-plein du chemin couvert: or en la plaçant au milieu de la largeur du terre-plein, on se prive du moyen de détruire les batteries que l'on est souvent dans le cas d'y établir, autrement que par le sacrifice même de la galerie et par celui de la contrescarpe; l'expérience a prouvé, au polygone de Verdun, que si on la place sous la banquette, elle est trop rapprochée de part et d'autre des points où l'ennemi peut établir sa batterie pour permettre une disposition de fourneaux développée.

La

La meilleure position est donc de l'adosser à la contrescarpe même. L'objection que l'on fait contre cette dernière position, est que l'assiégeant la rencontrera en faisant la descente du fossé. Sans doute il la rencontrera alors ; mais il ne fera cette descente qu'après s'être rendu maître du chemin couvert et avoir disposé ses batteries de brèche, soit sur la crête, soit dans le terre-plein : et si, comme on vient de le voir, la galerie adossée à la contrescarpe permet de s'opposer à cet établissement le plus qu'il est possible ; si pour arriver à elle le mineur assiégeant est obligé de parcourir le plus long chemin, il est clair qu'alors cette galerie remplira son objet dans toute son étendue. On doit donc adosser cette galerie à la contrescarpe ; il en résultera encore l'avantage d'une économie de près d'un tiers dans la construction, et la facilité d'établir, si on veut, aux arrondissemens, des logemens crénelés assez spacieux pour contenir un poste.

On ne sauroit trop multiplier les débouchés de la galerie de contrescarpe dans le fossé, pour communiquer librement et promptement, dans les commencemens du siége, aux travaux qui ont lieu alors sous les différens points attaqués : mais lorsque l'ennemi commence à s'approcher du chemin couvert et que ses feux sont bien établis, tous les débouchés du front d'attaque doivent être murés pour éviter les surprises ; et alors il faut communiquer aux différens points d'attaque par les débouchés aux extrémités du front attaqué. Mais ces longs détours faisant perdre bien des momens souvent précieux, et occasionant des lenteurs dans l'arrivée des choses pressées qui n'auroient pas été prévues, on doit y remédier en établissant sous les fossés, lorsque le terrain le permet, quelques galeries de communications avec le corps de la place,

dont on ne se serviroit que lorsque les fossés seroient impraticables, et que l'on chargeroit de terres en glacis pour les mettre à l'abri des bombes. L'emplacement le plus favorable pour ces galeries seroit à la gorge des places d'armes rentrantes, où leur entrée dans la galerie de contrescarpe pourroit être protégée par un logement; elles aboutiroient sous le fossé aux épaules des bastions, et de là dans l'intérieur de la place. Ces galeries rendroient l'assiégé toujours maître de l'origine de ses feux, et faciliteroient la prompte communication aux attaques. Enfin, lorsque l'assiégé seroit forcé d'abandonner sa galerie de contrescarpe, il seroit toujours à même de détruire la communication sous le fossé, en se retirant.

CINQUIÈME QUESTION.

Dans un système de mines, doit-on construire à l'avance, c'est-à-dire pendant la paix ou long-temps avant le siége, toutes les galeries et rameaux ?

L'assiégeant ayant un grand avantage lorsqu'il connoît la position des galeries, puisqu'il peut ou les éviter ou se porter dessus, il s'ensuit qu'il seroit à désirer que l'on ne pût exposer à sa connoissance que les galeries dont la position peut être connue sans inconvénient, telles que celles dans l'intérieur des ouvrages, les transversales sous les fossés, la galerie de contrescarpe, et quelques écoutes jetées en avant, mais placées relativement au plan général de défense que l'on auroit adopté : mais pour se borner à cela, il faudroit être bien assuré d'avoir, au commencement de la guerre ou avant le siége, le temps et les moyens nécessaires pour exécuter tout ce qui resteroit à faire avant l'arrivée de l'assiégeant sur les glacis;

Digitized by Google

ce qui supposeroit dans la place un fort détachement de mineurs et un grand approvisionnement de matériaux, que l'on ne doit pas se flatter de pouvoir toujours réunir sur un même point, au commencement d'une guerre où le Gouvernement se trouve chargé de l'approvisionnement de toutes les places fortes. Il sera donc plus prudent de construire à l'avance la plus grande partie des galeries, en prenant toutes les précautions possibles pour en dérober la connoissance à l'ennemi; mais dans aucun cas on ne doit construire pendant la paix, ou long-temps avant le siége, les demi-galeries de communication ni les dispositions de fourneaux.

SIXIÈME QUESTION.

Les rameaux destinés à une défense souterraine, doivent-ils être construits avant l'arrivée de l'assiégeant sur les glacis? ou doit-on attendre que la sape y soit établie pour se porter dessous?

Si le terrain sous les glacis est de mauvaise qualité, c'est-à-dire difficile à travailler, alors il est évident que les rameaux doivent être préparés avant l'arrivée de l'assiégeant sur le terrain, puisque, dans cette supposition, il ne seroit plus temps de s'en occuper lorsque la sape ennemie seroit dessus. Nous devons donc examiner la question par rapport aux bons terrains, qui se travaillent aisément; et pour nous conduire dans cet examen il faut chercher quels peuvent être les avantages et les désavantages de chaque côté.

Construction des rameaux lorsque l'ennemi est sur les glacis.

Je ne vois dans cette manière d'agir qu'un seul avantage, celui d'économiser quelques bouts de rameaux; et sous tous les autres rapports elle me paroît désavantageuse.

Digitized by Google

1.° On s'expose à manquer souvent l'objet que l'on se propose d'atteindre; car malgré les repaires que l'on peut établir pour s'assurer de l'arrivée de l'ennemi à telle distance de la palissade et à tel écartement de la capitale, on doit convenir que dans ces momens il est facile d'errer dans l'estimation de ces distances, et qu'en joignant cette erreur à celle que l'on peut commettre en rapportant dans les galeries les longueurs et les angles mesurés sur le plan général, il y en aura plus qu'il n'en faut pour être jeté hors du point que l'on veut atteindre, ainsi que cela est arrivé dans plusieurs siéges et arrivera encore.

Le terrain étant aussi bon pour l'assiégeant que pour l'assiégé, il est évident que si le premier se méfie des mines défensives, son mineur commencera de bonne heure à entrer en galerie, et dès-lors il pourra venir à vous, comme vous à lui, pour établir une guerre souterraine qu'il terminera promptement, ayant sur l'assiégé l'avantage de pouvoir lui nuire par les fourneaux surchargés ou globes de compression, à des distances beaucoup plus considérables que celles qui peuvent convenir à la défense.

3.° Si l'on attend l'arrivée de l'ennemi sur un point pour préparer les moyens de détruire ses ouvrages par les mines, on se trouvera souvent exposé à être dépassé de beaucoup par les têtes de sape; et alors les fourneaux que l'on aura pu diriger tant bien que mal sous des points en arrière de ces têtes, nuiront sans contredit beaucoup moins à l'ennemi, tant au physique qu'au moral, que si leur effet eût porté directement sur le point même du travail.

4.° Enfin cette manière d'opérer forceroit nécessairement à n'agir qu'au hasard et sans aucun plan fixe de défense.

Construction des rameaux avant l'arrivée de l'ennemi sur les glacis.

La seule objection fondée que l'on puisse faire contre ces constructions, est que, la route que l'ennemi pourra suivre étant incertaine, on n'exécutera pas tous les fourneaux préparés à l'avance, et que par conséquent une partie des rameaux deviendra inutile. Je conviens de cela, jusqu'à un certain point cependant, attendu que si tous les fourneaux préparés ne peuvent agir contre les travaux extérieurs de l'ennemi, au moins leurs rameaux pourront me servir pour m'opposer à ses travaux souterrains, en me facilitant les moyens de me porter aisément au-devant de son mineur. Mais en admettant l'inutilité absolue d'une partie de ces rameaux, il reste à examiner si les nombreux avantages qui résultent de cette disposition ne balancent pas de beaucoup ce petit inconvénient, qui ne porte que sur un léger accroissement de dépense.

1.° Lorsque l'on est préparé d'avance sous tous les points de la ligne que l'ennemi doit traverser, et dont on peut fixer l'étendue d'après le tracé et le relief du front attaqué, il n'est pas possible qu'il puisse passer sans être atteint, parce que le mineur, placé aux écoutes dans le fond d'un premier rameau, avertira lorsque l'ennemi sera au-dessus ou à portée de lui, en sorte que je ne puis manquer d'exécuter le fourneau qui convient, et cela au moment même où le sapeur ennemi sera en plein travail au-dessus, puisque quatre à cinq heures après l'avertissement on peut faire sauter la tête de sape.

2.° En disposant à l'avance les galeries et rameaux que l'on croira nécessaires pour s'opposer aux travaux extérieurs et souterrains de l'assiégeant, il est hors de doute que l'on

aura sur son mineur tous les avantages possibles, pouvant préparer au fond des écoutes et des rameaux, et sans aucun bruit, tous les moyens de l'arrêter dans sa marche.

3.° Enfin, les dispositions étant préparées d'après un plan fixe de défense, on pourra arrêter l'ennemi beaucoup plus long-temps sur le même point, par le jeu successif des différens étages, avantage que l'on ne pourroit se procurer que bien difficilement si l'on étoit obligé d'attendre l'arrivée de l'ennemi pour placer au hasard quelques fourneaux contre ses ouvrages.

Je crois donc pouvoir conclure que les rameaux doivent être préparés avant l'arrivée de l'assiégeant sur les glacis.

CHAPITRE III.

Précis des différens systèmes de mines défensives connus jusqu'à ce jour.

Après avoir donné, dans le premier chapitre, mes idées sur la conduite que peut tenir l'assiégeant à l'attaque d'un front qu'il sait défendu par les mines ; après avoir essayé de résoudre, dans le second chapitre, quelques questions essentielles ; il est naturel d'examiner les moyens que les mineurs ont employés jusqu'à ce jour pour la défense des places, et si ces moyens s'accordent avec les principes que nous avons établis.

Avant que de commencer l'analyse des différens systèmes connus de mines défensives, je dois observer que je ne peux

le faire que d'après des plans sans exactitude, ce qui me force à me plaindre du peu de moyens que l'administration donne aux jeunes officiers qui se destinent à l'étude des mines, pour acquérir les connoissances de leur état. En effet les mémoires de leurs anciens ne leur parviennent qu'avec beaucoup de peine, ainsi que les plans qui les accompagnent; les uns et les autres ne sont que de mauvaises copies défigurées, sans cotes et sans détails, en sorte que, ne pouvant partir dans leur jeunesse du point où les anciens sont restés, ils vieillissent comme eux sans augmenter la masse des connoissances de leur état : on ne doit donc pas être surpris de voir encore l'art des mines dans l'enfance; il y restera jusqu'à ce qu'un nouvel ordre de choses dans cette partie amène un nouvel ordre d'instruction.

Un des premiers systèmes de mines défensives est celui de Goulon. Je ne le connois que par le plan des principales galeries que l'on trouve dans les mémoires de cet officier, avec une note très-abrégée de leur usage. Ce plan suffit pour faire voir que Goulon bornoit sa défense à celle du chemin couvert; les écoutes isolées qui partent de la galerie de contrescarpe et qui sont prolongées jusqu'au pied des glacis, nous apprennent qu'il connoissoit toute l'importance des dispositions de fourneau indépendantes les unes des autres, et l'on voit encore qu'il n'admettoit point les galeries d'enveloppe. Mais oserons-nous prouver que la plus grande partie de ce système ne pourroit plus être appliquée à un front soumis aux ricochets, et que n'offrant aucun moyen de s'opposer au travail du mineur assiégeant après l'attaque de vive force du chemin couvert, ni par conséquent à la destruction de la galerie de contrescarpe, il ne présentera à l'assiégeant que quelques obs-

tacles sur la capitale et dans la construction de sa quatrième parallèle, que celui-ci pourra éviter, vu la connoissance que nous lui supposons de la position des principales galeries, en se conformant à la marche que nous avons tracée dans le premier chapitre?

1.° Goulon place dans les fossés mêmes, aux pieds des orillons et aux extrémités de la demi-lune, les entrées des galeries, qui passent sur les fossés, communiquent à la galerie de contrescarpe par des escaliers en vis, et sont prolongées sous les glacis. Or on conviendra que ces positions, qui pouvoient convenir à la fin du siècle dernier, sont présentement les vrais réceptacles des boulets et obus tirés des batteries à ricochets, et que par conséquent ces entrées seront d'une approche difficile, dès que les feux de l'assiégeant seront établis et deviendront impraticables après la prise du chemin couvert, c'est-à-dire, dans le temps où elles seroient utiles, soit contre les batteries de brèche, soit pour s'opposer au passage du fossé. Je sais que ces entrées pourroient être établies dans l'intérieur de l'ouvrage; mais je raisonne d'après celles établies sur le plan. On doit convenir aussi que les premiers fourneaux et les fougasses au-dessus, qui ont leurs entrées au pied de la banquette ou dans la hauteur du parapet du chemin couvert, sont pareillement impraticables lorsque le front est soumis aux ricochets; ainsi il ne restera, dans ce cas, de tout le système, que la galerie de contrescarpe et les écoutes en avant.

2.° Goulon place sa galerie de contrescarpe au milieu de la largeur du terre-plein, de niveau au fond du fossé. Cette position donne à croire qu'il ne s'étoit point occupé du travail du mineur assiégeant après la prise du chemin couvert, puisqu'elle

puisqu'elle est trop rapprochée de part et d'autre du logement que l'ennemi peut y établir, pour pouvoir le détruire autrement que par le sacrifice de la galerie. Quant aux écoutes sous les glacis, les plus voisines des capitales pourront rencontrer l'assiégeant dans la construction de sa quatrième parallèle, s'il la place à 28 mètres (14 toises) des saillans; mais s'il l'éloigne seulement à 36 ou 40 mètres (18 ou 20 toises), et qu'il la forme par une seule ligne tirée d'un saillant à l'autre, il n'aura rien à craindre de toutes les écoutes hors des capitales: et attendu que la sape sur les glacis peut s'écarter de 16 à 24 mètres (8 à 12 toises) des capitales, je conclurai que si le front est soumis aux ricochets, l'assiégeant pourra s'emparer du chemin couvert et de la galerie de contrescarpe, sans essuyer le feu d'aucun fourneau; que si, au contraire, la place ne peut être battue à ricochet, il ne courra de danger de ces fourneaux que lorsqu'il fera le couronnement pied à pied du chemin couvert.

Au surplus, on doit bien regretter de n'avoir pas connoissance du Mémoire qui a sûrement accompagné le tracé de ce système : nous y verrions sans doute que les galeries qui passent sous le fossé et se prolongent jusqu'à l'aplomb de la crête des glacis, devoient conduire à des fourneaux d'une très-grande ligne de moindre résistance, destinés à reprendre l'effet de tous les autres, ou du moins à bouleverser entièrement le terrain sous l'emplacement des batteries de brèche; et présentement, pour assurer l'effet de ces fourneaux, il suffiroit de placer les entrées des galeries qui doivent y conduire, dans l'intérieur des ouvrages, et de supprimer les communications de ces galeries avec la galerie de contrescarpe, pour rester encore maître des premières après la prise ou la destruction de la seconde.

On trouve dans les Mémoires de Belidor un système de mines défensives, attribué à M. de Vallière, et appliqué à un ouvrage à corne : il est composé d'une galerie magistrale sous le milieu du terre-plein du chemin couvert, et de deux enveloppes placées l'une à 30 mètres (15 toises) et l'autre à 100 (50 tois.) des saillans, avec des communications de l'une à l'autre placées sous les capitales des places d'armes rentrantes, et d'autres menées parallèlement et à 20 mètres (10 toises) de part et d'autre des capitales saillantes ; ce qui forme sous les saillans, entre les enveloppes, des cases de 40 mètres (20 toises) en quarré, destinées à l'établissement de plusieurs étages de fourneaux.

J'ai déjà donné mon avis sur les galeries d'enveloppe, dans l'examen de la seconde question du chapitre précédent, et sur l'impossibilité de dérober à la connoissance de l'ennemi la position des principales galeries d'un système qui, par son étendue, ne peut être construit que pendant la paix. Je ferai seulement remarquer qu'ici les enveloppes et leurs communications sont situées aussi avantageusement que l'assiégeant peut le désirer pour y établir sa troisième et sa quatrième parallèle, ainsi que ses sapes doubles parallèles aux capitales, de manière qu'en suivant la marche décrite dans le premier chapitre, il pourra se rendre maître du chemin couvert par l'attaque de vive force, sans rien craindre de tout cet appareil. De plus, la position de la galerie de contrescarpe ne permettant pas d'arrêter le mineur assiégeant établi dans le terre-plein du chemin couvert, il s'ensuit que la totalité du système croulera sans avoir servi, du moins lorsque la place sera soumise aux ricochets, et que dans le cas contraire les enveloppes et leurs communications seront également inutiles.

On trouve encore dans les Mémoires de Belidor un système de mines défensives, sans nom d'auteur, et qui a pour titre, *Front contreminé suivant la meilleure méthode:* c'est encore un système à enveloppe ; mais il n'y en a qu'une placée aux pieds des glacis parallèlement aux branches du chemin couvert avec des écoutes en avant; la galerie de contrescarpe est établie sous le milieu du terre-plein, et règne tout autour des places d'armes rentrantes. Elle a cela de particulier que son plan est à 3,25 mètres (10^{pieds}) au-dessus de celui de l'enveloppe, et qu'on y arrive par des paliers situés au milieu de la hauteur des rampes des places d'armes rentrantes : on communique de la galerie d'enveloppe aux fossés de la place, par une galerie sous chaque capitale saillante et par d'autres galeries parallèles aux capitales des places d'armes rentrantes; ces communications passent sous la galerie de contrescarpe. Dans la position de cette dernière galerie, on n'a pu avoir en vue que de faciliter l'établissement des fourneaux du premier étage, car on n'a sûrement pas entendu pouvoir la conserver après la prise de l'enveloppe, qui est à 3,33 mètres (10^{pieds}) au-dessous.

Les positions de cette enveloppe et de ses écoutes en avant forceront l'assiégeant à s'en rendre maître avant que de pouvoir établir sa quatrième parallèle. Pour y réussir, il établira sa troisième parallèle hors de la portée des écoutes, sur lesquelles il dirigera des boyaux de sape double, jusqu'aux points où l'enveloppe coupe les capitales, et là il multipliera les attaques de ses mineurs sur les trois saillans, pour s'emparer de ces portions d'enveloppes, dont la prise doit entraîner celle du restant, ou du moins forcer l'assiégé à la détruire lui-même en l'abandonnant; après quoi l'assiégeant

établira sa quatrième parallèle, et continuera sa marche comme il est dit précédemment.

Je n'ai pas connoissance qu'aucun des systèmes dont nous venons de parler soit exécuté; il n'en est pas de même de celui du mineur Delorme, qui existe sous les glacis de la double couronne de Belle-Croix à Metz. Je n'entrerai pas dans le détail de toutes les galeries qui composent cet immense système, dont les plans sont entre les mains de tout le monde : on sait que Delorme n'a laissé aucun mémoire sur l'usage de cette multitude de galeries, non plus que sur les moyens qu'il projetoit d'employer pour répéter à l'infini le jeu des fourneaux dans l'étendue d'une case d'environ 60 mètres (30^{toises}) en quarré. Mais sans nous arrêter à de si vastes spéculations, nous observerons seulement que, si à l'attaque de ce front l'assiégeant suit la marche décrite dans le premier chapitre, en l'adaptant au tracé des galeries, les plus grands obstacles qu'il éprouvera ne viendront pas des mines. En effet, l'inspection seule du tracé des enveloppes et de leurs communications suffit pour faire voir que l'on peut sans grand danger les attaquer, ainsi que celles des systèmes précédens, et avec d'autant plus d'assurance que le sol de toutes les galeries sous la double couronne étant malheureusement établi dans des carrières de pierres dont les bancs s'élèvent à 2 ou 3 mètres (6 ou 9^{pieds}) au-dessus des ciels, il ne seroit question que d'éviter les capitales en se dirigeant sur les écoutes ou aux environs, pour ne plus avoir à craindre le mineur assiégé, attendu qu'avant qu'il ait pu préparer quelques bouts de rameau à portée des écoutes, l'assiégeant se seroit rendu maître du chemin couvert, même par le couronnement, pied à pied.

Je n'ai pas fait entrer les globes de compression dans les moyens d'attaquer les systèmes à enveloppe, ayant préféré d'employer ceux qui ne pouvoient retarder en rien la marche des approches; mais il est bien évident que si l'on vouloit employer ces globes de compression, les enveloppes donneroient beau jeu à leurs effets : aussi suis-je très-persuadé, ainsi que je l'ai déjà dit, que si les auteurs de ces systèmes avoient voulu croire à la réalité du globe de compression, ils eussent supprimé toutes les enveloppes.

Il nous reste à examiner le système de Rugy, exécuté à l'école de Verdun. On connoît la position des galeries qui doivent servir aux dispositions de fourneaux suivantes.

1.° Contre les batteries d'obusiers de la troisième parallèle; 2.° deux dispositions à trois étages chacune sous les glacis des capitales; 3.° une disposition sous les cavaliers de tranchée; 4.° une sous les batteries de contre-flanc; 5.° une autre sous les batteries de mortiers ou pierriers en avant des places d'armes rentrantes; 6.° une disposition contre les batteries de brèche; 7.° enfin des fourneaux aux pieds des escarpes pour enlever les décombres des brèches : tel est le précis de ce système. Présentement, si on entre dans le détail des moyens que l'auteur a employés pour arriver à ses fins; si on réfléchit bien sur le tracé de ses rameaux, sur la position de ses fourneaux pour pouvoir en ménager les feux, et sur toutes les ressources qu'il se prépare contre les attaques du mineur assiégeant, on conviendra sans peine que ce système est bien préférable à tous les précédens, et qu'il ne laisseroit rien à désirer si l'on pouvoit en même temps trouver le moyen de forcer l'assiégeant à une marche et à des positions déterminées; mais malheureusement

rien n'est plus arbitraire que cette marche et ces positions.

• On voit par l'examen des différens systèmes de mines défensives connus jusqu'à ce jour, que les auteurs veulent toujours assujettir l'assiégeant à des positions fixes dans sa marche; qu'ils n'ont point fait attention à l'attaque de vive force du mineur assiégeant dans son terre-plein, pour s'emparer de la galerie de contrescarpe et rendre nulles toutes les dispositions sous la crête du glacis; et qu'en conséquence aucun d'eux ne s'est occupé des moyens de mettre ce terre-plein en état de défense.

CHAPITRE IV.

Lois générales que l'on doit suivre dans le tracé d'un système de mines.

L'ÉTENDUE que l'on peut donner au tracé d'un système de mines défensives doit être toujours soumise au degré d'importance de la place, au temps et aux moyens dont on pourra disposer pour la confection, en temps de guerre ou quelque temps avant le siége, des ouvrages qui n'auront pas été exécutés pendant la paix; et le meilleur de tous les systèmes sera celui qui, présentant, pour une place du premier ordre, une bonne défense, avec des moyens donnés, sera lui-même susceptible de réduction à mesure que l'importance de la place et les moyens diminueront.

On doit observer les règles suivantes.

1.° Un projet de mines pour un front soumis aux rico-

chets ne doit pas être le même dans toutes ses dispositions que pour un front qui n'y seroit pas soumis, parce que dans le premier cas l'assiégeant peut aisément se rendre maître de la galerie de contrescarpe en attaquant de vive force le chemin couvert et se logeant dans son terre-plein.

2.° Disposer les galeries de manière que celles qui conduisent à une disposition de fourneaux soient tout-à-fait indépendantes de celles qui doivent conduire à une autre disposition, et simplifier le tracé autant qu'il sera possible.

Par ce moyen l'assiégé n'aura jamais à craindre la perte de ses galeries que lorsqu'elles lui deviendront inutiles et que les fourneaux qui y aboutissent seront épuisés; et la pratique lui fera assez connoître l'avantage de la simplicité dans le tracé des centres de ses galeries et rameaux.

3.° Placer les fourneaux en avant des galeries, de manière qu'ils ne présentent que des pointes, ou des rameaux de peu d'étendue sur le chemin de l'assiégeant, afin de n'offrir à son mineur que le moins de prise possible, et l'engager dans les rentrans formés par ces pointes, où l'assiégé pourra aisément le couper.

4.° Disposer les fourneaux du dernier étage d'une disposition de manière qu'ils puissent détruire entièrement les galeries qui conduisoient à cette disposition, lorsqu'on sera forcé de l'abandonner; ou si l'on veut conserver encore ces galeries après le jeu des derniers fourneaux, il faut alors disposer les fourneaux du premier étage de la disposition suivante, de manière à ce qu'ils effectuent cette destruction lorsqu'on les fera jouer : par ce moyen le mineur assiégeant ne pourra jamais s'établir dans les galeries abandonnées par l'assiégé.

5.° Embrasser sur les glacis du front d'attaque et de chaque côté des capitales assez de surface pour être assuré de rencontrer l'assiégeant dans le cas où il s'écarteroit de la marche ordinaire des siéges, en cheminant parallèlement à ces capitales, dans l'intention d'éviter les dispositions qui pourroient être établies dessous.

6.° Réserver les plus grands moyens de défense contre l'établissement des batteries de brèche ou de contre-flanc, et disposer en conséquence les fourneaux pour produire les plus grandes excavations possibles sous les points que ces batteries doivent occuper, en ménageant néanmoins la galerie de contrescarpe, pour se procurer les moyens de retourner de nouveau sous les travaux de l'ennemi.

7.° Disposer sous le terre-plein du chemin couvert des moyens propres à s'opposer au travail du mineur assiégeant lorsqu'il y aura établi son logement, soit de vive force, soit pied à pied.

8.° Placer des fourneaux au pied de l'escarpe pour enlever les décombres des brèches et détruire la rampe qu'ils forment, et en avoir d'autres dans l'intérieur des ouvrages pour détruire le logement sur les brèches.

9.° Si le terrain permet d'établir sous le fossé une communication de la galerie de contrescarpe aux bastions, on pourra alors construire sous les capitales de ces bastions un souterrain assez spacieux pour contenir un poste prêt à se porter dans les galeries partout où besoin sera, et qui puisse servir en même temps d'atelier aux charpentiers qui prépareront les objets nécessaires aux travaux des mines.

CHAPITRE

CHAPITRE V.

Projet de mines à trois étages, contre une tête de sape, dont la direction est indéterminée, mais qui doit couper perpendiculairement ou obliquement une ligne AA BB, *donnée de position.* Pl. 4, fig. 33.

Avant que de présenter mes idées sur le tracé d'un système de mines défensives, je crois devoir détailler les dispositions de fourneaux que je projette d'employer contre les têtes de sape, soit qu'elles cheminent en zigzag sur les capitales, soit qu'on les fasse doubles et parallèles aux capitales, soit enfin contre la troisième parallèle.

Je supposerai, une fois pour toutes, que le terrain est propre aux mines, c'est-à-dire, composé de terre pure ou mêlé de gravier, qu'il ne puisse exiger du mineur que les précautions ordinaires, et qu'il ait assez de consistance pour mettre à l'abri des accidens pendant le travail; car dans les mauvais terrains la plus grande partie de ce que nous allons développer ne pourroit pas s'exécuter.

Je supposerai encore que l'on peut s'approfondir d'environ 8 mètres (4 toises) au-dessous de la surface du terrain.

Dans le tracé de ce projet je me suis proposé deux objets principaux : 1.° d'isoler les fourneaux des deux premiers étages, de manière à pouvoir les faire jouer séparément ou deux à deux; 2.° d'arrêter les travaux souterrains du mineur

assiégeant, en avant de la disposition, par des moyens qui soient indépendans des trois étages de fourneaux.

Explication du projet et des raisons qui en ont déterminé le tracé.

Le premier rang de fourneaux, de 3,25 mètres (10 pieds) de ligne de moindre résistance, est placé sur l'étendue de la ligne à défendre *AA BB*.

Le second étage, de 4,86 mètres (15 pieds), est éloigné d'autant du premier rang.

Le troisième étage, de 6,50 mètres (20 pieds), est à 5,85 mètres (18 pieds) du second rang.

Les fourneaux de chaque étage sont espacés entre eux de 8,45 mètres (26 pieds) de centre en centre, en sorte que les trois étages se trouvent placés dans des plans verticaux perpendiculaires à la ligne *AA BB*, et aux points d'intersection de ces plans avec d'autres plans verticaux parallèles à la ligne ci-dessus *AA BB*.

Les galeries et rameaux, qui doivent être exécutés avant l'arrivée de l'assiégeant sur les glacis, sont lavés et ponctués en noir; et ce qui ne doit être exécuté que lorsque la défense souterraine sera commencée, est lavé ou ponctué en jaune.

1.° Pour remplir le premier objet, de rendre les fourneaux des deux premiers étages indépendans les uns des autres, j'ai donné aux grandes branches de leurs rameaux qui aboutissent aux poudres, deux fois la ligne de *M. R.* correspondante; en sorte qu'en les bourrant sur toute leur étendue, et arcboutant le bourrage contre les parois de la petite branche de rameau qui aboutit à la galerie de communication, on sera assuré que l'effet de chaque fourneau ne s'étendra pas

au-delà de la grande branche, et que par conséquent la galerie de communication et même la petite branche du rameau ne seront point atteintes. Quant à la fumée, je pourrai m'en garantir en employant la souris pour porter le feu, et en prenant la précaution de faire boucher l'ouverture de l'auget immédiatement après le jeu du fourneau. Rien ne pourra donc m'empêcher d'arriver à l'extrémité *L* de la galerie de communication aussitôt que le fourneau *I* aura joué, et d'y faire les dispositions nécessaires pour exécuter le fourneau *Z*.

Les rameaux qui conduisent aux fourneaux du second étage étant disposés entre eux semblablement à ceux du premier étage, on peut leur appliquer tout ce que nous venons de dire, et la seule objection que l'on pourroit faire seroit que ces fourneaux du second étage, qui ont 4,86 mètres (15 pieds) de ligne de moindre résistance, n'étant espacés entre eux que de 8,45 mètres (26 pieds), et ayant leur grande branche de rameau encore plus rapprochée du fourneau opposé, pourroient être atteints par l'action de ces fourneaux.

Cela seroit effectivement à craindre s'ils appartenoient à un premier étage qui exigeroit une charge entière: mais il faut observer qu'étant placés à un second étage qui n'est éloigné du premier que d'une quantité égale à leur ligne de moindre résistance, cette ligne n'est plus dirigée vers la surface du terrain, mais vers l'entonnoir du premier étage, et se trouve réduite à environ 3,57 mètres (11 pieds), en sorte que la charge qui leur convient n'est pas celle de 4,86 mètres (15 pieds), mais celle de 3,57 ou 3,90 mètres (11 ou 12 pieds) au plus; d'où il suit qu'environ 7,30 mètres (22 pieds 6 pouces) de distance entre un de ces fourneaux et les rameaux opposés, suffiront pour mettre ces derniers hors d'atteinte.

Il est donc prouvé que ce tracé me laisse le maître de faire agir les fourneaux des deux premiers étages ensemble ou séparément.

J'ai coudé leurs rameaux pour me procurer la facilité d'approcher à volonté le fourneau inférieur du supérieur, parès le jeu de ce dernier. Je pourrois prolonger la partie du rameau inférieur, qui ne doit se construire qu'après l'explosion du fourneau supérieur, de 2,92 mètres (9^{pieds}) au lieu de 2 mètres ($6^{pieds}\ 2^{pouces}$), ce qui conviendroit si la disposition avoit une batterie pour objet : mais dans le cas dont il s'agit, où l'on doit embrasser de la surface, je n'ai rapproché le fourneau *A* de celui *I* que de la quantité nécessaire pour que sa nouvelle ligne de moindre résistance soit telle que le rameau opposé n'ait rien à craindre de son explosion.

Quant aux fourneaux du troisième étage, ils sont ici trop rapprochés les uns des autres pour jouer séparément; mais ils se trouvent disposés de manière à détruire les galeries de communication et d'écoute qui conduisoient à la disposition, et à n'en laisser aucune trace à l'ennemi. On pourroit aussi rendre les fourneaux de ce troisième étage indépendans les uns des autres, en espaçant d'environ 11,68 mètres (6^{toises}) les plans verticaux perpendiculaires à la ligne *AA BB*, qui contiennent les trois rangs de fourneaux; il resteroit alors entre les entonnoirs du premier étage 5,20 mètres (16^{pieds}) non atteints, et 3,90 mètres (2^{toises}) entre ceux du second étage, ce qui seroit facile à réduire, en plaçant aux deux premiers étages deux fourneaux accolés au lieu d'un : mais alors les écoutes en avant de la disposition, desquelles je parlerai bientôt, se trouveroient trop éloignées les unes des

autres pour permettre d'arriver promptement à la rencontre du mineur assiégeant, ainsi qu'on le verra ci-après.

La même galerie sert de communication aux fourneaux des premier et troisième étages; mais ceux du second étage ont leur communication particulière, que je regarde comme un des grands avantages de ce tracé, 1.° parce que je n'ai rien à craindre pour ce second étage de tous les événemens qui peuvent arriver au premier, soit de la part du mineur assiégeant qui viendroit à y pénétrer, soit de la part de la fumée qui pourroit empêcher pendant quelque temps le retour dans la galerie DL, si on négligeoit les précautions pour s'en garantir, en sorte que je reste toujours le maître de tous les fourneaux de ce second étage; 2.° parce que s'il n'y avoit qu'une galerie de communication pour tous les étages, le feu d'un des fourneaux du second détruiroit non-seulement la partie de cette galerie qui seroit vis-à-vis, mais pourroit encore combler, par l'effet de son souffle ou de son action sur cette partie de galerie détruite, l'entrée du rameau opposé à celui dont le fourneau auroit joué, ainsi que cela est arrivé à Verdun en 1779. Cet effet est occasioné par l'air contenu dans le fond de la galerie détruite, qui, faisant effort pour s'échapper à l'instant de la destruction, chasse devant lui, en se dilatant, les décombres, et peut les porter jusqu'à l'entrée du rameau opposé et la combler.

2.° Après avoir assuré l'indépendance des fourneaux des deux premiers étages, et disposé leurs galeries et rameaux de la manière qui m'a paru la plus avantageuse, j'ai cherché à arrêter les travaux du mineur assiégeant par d'autres moyens que ceux des fourneaux de la disposition, en allant à sa rencontre par des demi-galeries prolongées de 13 à 16 mètres

(40 à 50^{pieds}) au-delà du premier rang de fourneaux, et n'ayant rien de commun avec la galerie de la disposition des fourneaux.

Ces demi-galeries ont la même direction que celles de communication aux fourneaux; mais elles sont situées dans des plans plus bas : on y communique par des puits placés sur la transversale XY, et dont la profondeur en contre-bas de la galerie supérieure dépend toujours de celle du terrain, de manière que l'extrémité Q de la demi-galerie étant placée au plus bas de ce terrain, le puits n'aura que la profondeur nécessaire pour conserver, entre lui et l'extrémité Q, 1,50 mètres (4^{pieds} 7^{pouces}) de pente par mètre. Ainsi, dans l'exemple présent, le point Q, qui se trouve sur le plan éloigné de 6,64 mètres (20^{pieds} 5^{pouces}) du premier rang de fourneaux, ayant 7,42 mètres (23^{pieds}) pour cote, celle du puits D, qui en est éloigné de 24 mètres (12^{toises} 2^{pieds}), sera de 7,15 mètres (22^{pieds}), et la cote du point m sur l'alignement du premier rang de fourneaux sera de 7,34 mètres (22^{pieds} 6^{pouces}). C'est cette dernière cote qui détermine l'espacement des premiers fourneaux, lesquels doivent être éloignés de m d'environ 1,80 mètres (5^{pieds} 6^{pouces}) de leur ligne de moindre résistance; or cette ligne étant 3,25 mètres (10^{pieds}), le fourneau I doit être éloigné de m d'environ 5,05 mètres (16^{pieds}), et pour cela il faut donner 4,22 mètres (13^{pieds}) à l'horizontale IM, c'est-à-dire espacer les premiers fourneaux à 8,45 mètres (26^{pieds}), ainsi qu'on l'a fait.

Si le terrain permettoit de donner au point q, qui n'est ici éloigné de m que de 6,64 mètres (20^{pieds} 6^{pouces}), le nombre 8,10 mètres (25^{pieds}) pour cote, au lieu de 7,42 mètres (23^{pieds}), alors la cote de m seroit 8 mètres (24^{pieds} 6^{pouces}), et l'horizontale IM pourroit être réduite à environ 3,25 mètres (10^{pieds});

Digitized by Google

c'est-à-dire, que les fourneaux du premier étage pourroient être espacés entre eux de 6,50 mètres (20^{pieds}) : mais alors les fourneaux du second étage perdroient leur principale propriété, celle de pouvoir agir séparément, à moins que de les rapprocher assez des entonnoirs du premier étage pour réduire à environ 3 mètres (9^{pieds}) leur nouvelle ligne de moindre résistance, ce qui augmenteroit d'environ 1,63 mètres (5^{pieds}) la longueur de la partie du rameau qui ne doit être construite qu'après l'explosion du premier étage ; de là il suit que, quand bien même la profondeur du terrain seroit plus considérable que dans l'exemple présent, il faudroit toujours conserver aux fourneaux du premier étage les 8,45 mètres (26^{pieds}) d'écartement qui sont nécessaires pour assurer l'indépendance des seconds fourneaux à la distance de 4,86 mètres (15^{pieds}) de ceux du premier étage, et nous verrons bientôt que pour prolonger plus long-temps la défense souterraine, il convient de ne pas les rapprocher de beaucoup au-delà de cette distance. Au surplus la distance à observer entre les premiers fourneaux pour assurer la conservation de la galerie basse qui passe entre deux, doit toujours être réglée d'après quelques fourneaux d'épreuve, qui auront fait connoître jusqu'à quel point on peut rapprocher cette galerie des fourneaux dans le terrain où l'on doit agir.

Au lieu de placer l'écoute avancée dans un plan plus bas que celui de la galerie de communication, on auroit pu faire servir celle-ci à remplir les deux objets, en descendant depuis la transversale XY jusqu'à l'extrémité de l'écoute, et placer également le point m à 7,34 mètres (22^{pieds} 6^{pouces}) ; mais j'ai préféré de séparer les deux galeries, 1.° pour rendre l'écoute inférieure absolument indépendante de tous les acci-

dens qui peuvent arriver à l'extrémité de la galerie de communication, lors de l'exécution des premiers fourneaux ; 2.° pour que le service de l'écoute n'ait rien de commun avec celui des trois étages de la disposition. Nous verrons bientôt l'usage et l'utilité de ces écoutes pour arrêter le mineur assiégeant, long-temps avant que d'avoir recours aux fourneaux.

Détails des avantages qui résulteroient de l'exécution du projet, pour arrêter le sapeur et le mineur assiégeant.

Avant que de donner ces détails, je crois devoir justifier l'établissement des écoutes en avant du premier rang de fourneaux, et prévenir, à ce sujet, ceux qui pourroient les regarder comme inutiles, et croiroient que l'on peut aller au-devant du mineur assiégeant en partant du rameau du premier étage ou de l'extrémité de la galerie de communication : il est facile de prouver que si l'on n'avoit que ces moyens pour joindre l'assiégeant, on courroit souvent le risque d'être prévenu par lui. En effet, l'assiégeant aura connoissance de la position du premier étage, ou il l'acquerra à ses dépens par le jeu d'un des premiers fourneaux ; alors il peut se proposer d'arriver avec sa galerie au plus bas du terrain et à environ 4,50 mètres (13^{pieds}) de distance horizontale du premier étage, pour y établir un ou deux fourneaux surchargés et détruire par leur effet les deux premiers étages. Pour y parvenir, il pourra ouvrir son puits à 20 mètres (61^{pieds}) du premier étage, lui donner 2,80 mètres (9^{pieds}) de profondeur en contre-bas de la tranchée, et diriger sa galerie à 1,50 centimètres par mètre, pour arriver, après avoir fait 16 mètres (50^{pieds}) de rameau, à environ 6,50 mètres (20^{pieds}) de ligne de moindre résistance ; en sorte qu'il aura à faire un puits de 2,80 mètres

mètres (9^{pieds}) de profondeur, un rameau de 16 mètres (50^{pieds}), charger et bourrer, ce qui peut être fait en bon terrain dans environ quarante-six heures de travail continu. Or il est très-possible à l'assiégeant de dérober à l'assiégé la connoissance de ce travail, en se tenant toujours sur ses gardes contre les petites sorties, en faisant conduire les terres du rameau en arrière dans la tranchée, et en faisant faire à ses mineurs une fausse attaque à droite ou à gauche du premier étage et hors de sa portée, pour attirer l'attention de l'assiégé; en sorte qu'avec ces précautions le mineur assiégé peut n'avoir connoissance de la véritable attaque de l'assiégeant que lorsque celui-ci sera à portée d'être entendu, ce qui n'arrive guères qu'à la distance d'environ 6,50 mètres (20^{pieds}), dans les terrains où le mineur n'est pas obligé d'employer la masse et les coins, car alors on l'entendroit de beaucoup plus loin. Mais lorsque l'assiégé entendra l'assiégeant, celui-ci n'aura plus que 2,60 mètres (8^{pieds}) de rameaux à parcourir, lesquels seront faits dans six heures au plus; à quoi ajoutant six autres heures pour la charge, le tout fera douze heures dont l'assiégé pourra disposer pour aller à l'assiégeant. Or s'il part du fond du rameau du premier étage, il aura à parcourir environ la même longueur que celle qui reste à l'assiégeant, c'est-à-dire 2,60 mètres (8^{pieds}), et pour arriver avec le sol de son rameau à la hauteur du ciel de celui de l'assiégeant, il faudra qu'il descende, dans cet espace de 2,60 mètres (8^{pieds}), d'environ 2,27 mètres (7^{pieds}) : ce qu'il ne peut faire qu'en donnant à son rameau la forme d'une descente de cave, dont les marches auroient environ 0,33 mètres (1^{pied}) de foulée et près de 0,33 mètres (1^{pied}) de montée, construction qui demande plus de peine, de soins, et par conséquent de temps, que les autres;

en sorte que l'assiégeant aura chargé et bourrera, lorsque l'assiégé sera à portée de son fourneau, c'est-à-dire à 1,80 mètres (5^{pieds} 6^{pouces}) de distance. Croit-on que lorsqu'il n'entendra plus l'assiégeant, il soit disposé à continuer son travail? et en supposant même qu'il ait assez de fermeté et de temps pour charger de son côté et bourrer, qu'en résulteroit-il? Qu'il s'exposeroit à mettre lui-même le feu au fourneau de l'ennemi, dont le bourrage seroit alors assez avancé pour en obtenir l'effet désiré.

Si l'assiégé débouche du fond de la galerie de communication, il aura alors à parcourir en pente très-forte un espace au moins triple de celui de l'assiégeant, en sorte que ce dernier aura donné le feu à son fourneau avant que le rameau de l'assiégé en soit à portée. Je conclus donc que l'assiégé sera toujours prévenu par l'assiégeant, si, pour s'opposer à sa marche, il n'a d'autres ressources que celles de déboucher par les rameaux ou galeries des deux premiers étages.

J'ai cru devoir détailler cet objet pour justifier la nécessité des écoutes en avant du premier étage, indépendantes des dispositions de fourneaux.

Examinons présentement les avantages qu'une pareille disposition semble offrir à l'assiégé, et prouvons que la sape de l'assiégeant ne peut arriver sur aucun point de la ligne *AA BB* sans essuyer le feu des trois étages, et que l'assiégé a les plus grandes ressources pour arrêter le mineur assiégeant.

1.° La direction la plus avantageuse à l'assiégeant seroit sans contredit d'arriver perpendiculairement sur la ligne *AA BB*, au milieu de la distance qui sépare deux fourneaux du premier étage; mais alors, soit qu'il s'agisse d'une sape

double ou d'une parallèle, la tranchée et son épaulement occuperont en largeur 9,75 ou 6,50 mètres (28 ou 20^{pieds}), dont 4,86 ou 3,25 (14 ou 10^{pieds}) de chaque côté. Je pourrai donc détruire d'abord une partie par le jeu d'un fourneau, et ensuite l'autre par le jeu de son voisin, que l'on ne fera jouer que lorsqu'on sera assuré que l'ennemi ne fait aucune tentative souterraine vers le premier entonnoir. Les terres des deux fourneaux, se portant sur les deux mètres qui se trouvent hors de leurs grands cercles, les rendront aussi inhabitables que les parties voisines, et aussitôt qu'un fourneau du premier étage aura joué, le mineur assiégé se portera à l'extrémité du rameau du second étage qui y correspond, pour le prolonger de deux mètres (6^{pieds}), ce qui sera exécuté avant que le second fourneau du premier étage ait joué. L'assiégeant, continuant cette direction, aura visiblement à essuyer l'action successive de deux fourneaux du second étage et l'action réunie de deux fourneaux du troisième.

Présentement, s'il arrive sur un des fourneaux du premier étage ou aux environs, il aura à essuyer l'action de ce fourneau, ensuite celle de trois fourneaux du second étage et d'un fourneau du troisième; l'assiégeant ne pourra donc arriver sur aucun point de la ligne *AABB*, ni se pousser en avant de cette ligne sans essuyer le feu des trois étages de fourneaux.

2.° Une disposition de mines contre une tête de sape réunira tous les avantages que l'on peut en attendre, lorsqu'elle sera faite de manière à pouvoir arrêter le plus longtemps possible le sapeur et le mineur assiégeans. Nous venons de voir que celle-ci remplit la première condition aussi

bien qu'on puisse l'espérer; voyons s'il en est de même de la seconde.

Nous supposerons que, lors de la construction des rameaux, l'assiégé aura pris ses précautions pour dérober à la connoissance de l'ennemi la position du premier rang de fourneaux, afin de l'obliger à en attendre l'effet, ou à faire travailler ses mineurs au hasard : ainsi nous allons supposer que la tête de sape ait été détruite par le jeu du premier fourneau *I*. Alors l'assiégeant aura trois partis à prendre : 1.° vider l'entonnoir pour tâcher d'arriver à la galerie, en débourrant le rameau; 2.° descendre des puits à 4,86 ou 6,50 mètres (à 13 ou 20^{pieds}) de distance du centre de l'entonnoir, pour gagner le dessous du terrain et y établir des fourneaux surchargés; 3.° enfin, faire jouer des globes de compression ou fourneaux extraordinairement chargés en arrière de la disposition.

Si le mineur assiégeant prend le premier parti, l'assiégé pourra détruire son ouvrage au moins trois fois avant que d'avoir recours aux fourneaux du second étage. En effet, d'après les expériences, on doit regarder comme prouvé que l'effet du fourneau *I* ne dérangera rien dans l'écoute basse *m*. Ainsi immédiatement après le jeu de ce fourneau le mineur assiégé poussera de 1,60 mètres (5^{pieds}) le rameau *M*, dont le premier châssis est déjà posé, pour établir une fougasse à environ 5,85 mètres (18^{pieds}) de cote, laquelle aura environ 2 mètres (6^{pieds}) de ligne de moindre résistance, parce que le premier fourneau *I* aura brisé les terres presque à un mètre en contrebas de son foyer; en sorte qu'avec une charge d'environ 12 kilogrammes (24^{lb}) de poudre on pourra détruire l'ouvrage du mineur assiégeant dans l'entonnoir en moins de

cinq heures après le jeu du premier fourneau : or ce temps ne peut pas suffire à l'assiégeant pour vider l'entonnoir, dans lequel il ne peut entrer qu'une demi-heure après l'explosion, et fouiller le rameau, attendu qu'il est facile de retarder son travail au moyen d'une petite sortie faite une couple d'heures après l'explosion, et qui n'auroit d'autre but que celui de porter quelques bombes chargées pour les jeter dans l'entonnoir. En même temps que l'assiégé travaillera à préparer la fougasse sur le rameau *M*, deux autres brigades pousseront les rameaux *O* et *N*, qu'ils avanceront de 2 mètres (6^{pieds}), et là ils attendront l'effet de la première fougasse, pour continuer ensuite leur travail et aller en établir deux autres qui détruiront encore deux fois de suite le travail de l'assiégeant, et par conséquent la troisième fois au moins avant que d'employer le second étage de la disposition. C'est ici qu'il faut observer que si le second fourneau *A* étoit plus rapproché de *I* qu'il ne l'est, il gêneroit l'établissement de la fougasse *O*, ce qui diminueroit le temps que l'on peut faire perdre à l'ennemi. On voit aussi que si les écoutes étoient plus espacées qu'elles ne le sont, ce qui seroit indispensable si l'on vouloit assurer l'indépendance du troisième étage, on seroit exposé à être prévenu par le mineur assiégeant qui pourroit pénétrer dans le bourrage du rameau, et y faire jouer un fourneau surchargé avant que l'on ait eu le temps de se porter sur lui ; et s'il s'avisoit de vider seulement l'entonnoir pour placer au fond quelques milliers de poudre, ainsi que je l'ai proposé pour une des deux expériences que je demande à la fin de la seconde partie de cet ouvrage, il faudroit alors multiplier les petites sorties, dont la première seulement porteroit des bombes chargées et les autres des

bombes vides. Quoique cet artifice soit bien usé, il n'en fera pas moins son effet, qui sera d'empêcher l'assiégeant de rentrer tout de suite dans l'entonnoir, et de donner le temps à l'assiégé de préparer la fougasse du rameau *M*, avant que l'ennemi puisse faire transporter les poudres dans le fond de l'entonnoir. Je reviendrai encore sur cet objet, qu'il est très-important de discuter à fond.

Si l'assiégeant prend le second parti, d'ouvrir des puits à environ 5,60 mètres (17 pieds) du premier étage, pour gagner le dessous du terrain, son travail sera partout entendu des écoutes voisines.

Voyons les ressources qu'elles offrent pour s'y opposer:

Le puits de l'assiégeant sera placé dessus l'écoute, comme en *Q*, ou entre les écoutes, comme *Q'*: dans le premier cas, qui est la position la plus désavantageuse à l'assiégé, il aura encore la ressource de culbuter l'ouvrage de l'ennemi au moins trois fois de suite en se conduisant comme il suit.

L'assiégeant ne peut arriver sur le ciel de l'écoute que lorsque son puits sera à environ 3,90 mètres (12 pieds) en contrebas du fond de la tranchée, et ce travail ne peut être fait en moins de six à sept heures; donc l'assiégeant aura le temps nécessaire pour établir et arcbouter une fougasse sous le puits, et le détruire par le sacrifice d'une partie de l'écoute: pendant ce temps d'autres brigades partiront des écoutes voisines pour diriger vers ce puits des rameaux d'environ 6 mètres (3 toises) de longueur, et y préparer deux nouvelles fougasses ou petits fourneaux de 2,70 mètres (8 pieds) de ligne de moindre résistance vers le puits, si l'ennemi tente de le rétablir.

Dans le second cas, où le puits sera placé entre deux écoutes, il sera encore facile à l'assiégé de détruire au moins trois fois

le travail de l'assiégeant. En effet, puisque nous lui supposons ici le projet de gagner le dessous du terrain à la hauteur du premier étage, et sa galerie ne pouvant guères avoir que 0,25 mètres (9 pouces) de pente par mètre, ce qui donnera 1,62 mètres (5 pieds) sur la longueur de 6,50 mètres (20 pieds), il s'ensuit que la profondeur de son puits sera d'environ 3,90 mètres (12 pieds), pour lesquels il lui faudra environ huit heures de temps avant qu'il puisse entrer en galerie; or le plus grand rameau que l'assiégé puisse avoir à faire pour établir sa première fougasse, sera d'environ 2,60 mètres (8 pieds), qui peuvent être faits dans six heures au plus, en sorte que cette fougasse sera prête à jouer lorsque l'assiégeant voudra entrer en galerie. On conçoit aisément qu'après la première destruction de ce puits ou, si l'on veut encore, de la galerie de l'assiégeant, on aura tout le temps nécessaire pour préparer successivement les autres fougasses autour de ce point.

Il est donc prouvé que les écoutes sont très-avantageuses pour arrêter le mineur assiégeant, soit qu'il s'établisse dans l'entonnoir, soit qu'il ouvre ses puits à 6,50 mètres (20 pieds) en arrière du premier étage; il reste à examiner les avantages qu'elles offrent contre l'établissement des globes de compression ou fourneaux extraordinairement chargés.

Je ne connois les globes de compression que par les relations des expériences de Belidor à la Fère et à Bizy, en 1732 et 1753, et par celles de Lefebvre, ingénieur prussien, à Potzdam, en 1754; ces expériences ont réussi, c'est-à-dire que Belidor a crevé des galeries, à une distance quadruple d'une ligne de moindre résistance de 3,90 mètres (2 toises), avec 1470 kilogrammes (3000 lb) de poudre, et que Lefebvre les a crevées, à une distance triple d'une ligne de moindre résistance de 4,86 mètres (15 pieds),

avec la même charge, ce qui revient au même pour l'action des poudres. Mais je suis toujours à chercher ce qu'il pouvoit y avoir de merveilleux dans ces événemens ; car enfin c'est un vieux axiome parmi les mineurs, que pour assurer une galerie contre l'action d'un fourneau chargé à l'ordinaire, il faut qu'elle soit éloignée du fourneau d'environ deux fois sa ligne de moindre résistance : or si une charge de 83 kilogrammes (170^{lb}) pour un fourneau ordinaire de 3,90 mètres (2^{toises}), étend son effet jusqu'à 7,80 mètres (4^{toises}), devoit-on être surpris qu'une charge de 1479 kilogrammes (3000^{lb}), c'est-à-dire, dix-sept fois plus grande, étendît son effet à 16 mètres (8^{toises}) ? L'étonnant est bien plutôt que cet effet n'ait pas été plus considérable. Quoi qu'il en soit, les globes de compression n'ont été encore employés qu'une seule fois à la guerre, et c'est au siége de Schweidnitz ; en 1762, où l'essai n'a pas réussi ; car sur trois fourneaux surchargés qu'a fait jouer l'ingénieur Lefebvre à portée des galeries de l'assiégé, les deux premiers n'ont pas rempli leur objet, et le troisième n'a réussi que parce qu'occupant le plus bas du terrain, il s'est trouvé placé très-près de l'aplomb des galeries à détruire. Je ne parle pas du premier globe exécuté par Lefebvre, parce qu'il étoit trop éloigné des galeries de la place pour qu'il pût les atteindre. Je reviendrai sur les événemens de ce siége lorsque je traiterai de l'usage des mines pour l'attaque des places.

Parmi les causes qui ont pu produire ces différences dans les effets, on doit compter pour beaucoup celle qui suit.

Aux épreuves de Belidor et de Lefebvre, les galeries présentoient le flanc aux poudres et étoient par conséquent en prise sur toute leur longueur à leur action, au lieu qu'au siége

siége les galeries ne présentoient que leurs pointes et par conséquent le moins de prise possible à l'action des rayons commoteurs.

Ce qui est arrivé au siége de Schweidnitz autorise à croire que si l'on faisoit de nouvelles épreuves sur les fourneaux surchargés, si on les faisoit d'après les principes que l'on doit nécessairement suivre à la guerre, et si ces galeries ou rameaux à détruire ne se présentoient qu'en pointe ou peu inclinés, on trouveroit bien à rabattre sur les effets généraux annoncés par Belidor. Ce n'est pas que je révoque en doute le globe de compression ou plutôt de commotion, ainsi que je l'ai dit dans la seconde partie de cet ouvrage, car il ne s'agit pas ici d'une simple force de pression, mais bien de percussion ; je ne doute pas que puisqu'un fourneau chargé à l'ordinaire produit dans les environs une forte commotion, si cette charge devient vingt ou trente fois plus grande, la commotion, le tremblement ou l'ébranlement des parties environnantes ne soient beaucoup plus considérables et ne s'étendent plus au loin : mais il n'en est pas moins vraisemblable, 1.°, que si le rameau qui conduit aux poudres a son débouché à un puits ; comme il le faut bien à la guerre, une partie de l'action de la poudre se portera vers ce puits, ce qui diminuera d'autant l'effet de la réaction contre les parois du fourneau, et par conséquent la force de commotion ; 2.° que la commotion ou l'ébranlement des terres, occasionés par la réaction du fluide sur les parois de l'entonnoir, ne se propagent au loin qu'à cause de la continuité dans les parties de la masse choquée, en sorte que si dans cette masse il se trouve des cavités et qu'en même temps la commotion soit violente, les parois de ces cavités seront renversées, et là

finira l'action de la commotion de ce côté, faute de continuité dans ces parties, tandis que d'un autre côté, où la masse choquée sera continue, cette action pourra se propager beaucoup plus loin.

L'expérience faite à Potzdam appuie fortement ce raisonnement; car un petit fourneau chargé et bourré très-près du gros a été conservé, ainsi que son rameau, puisqu'on l'a fait jouer après le gros, et cela par suite de son bourrage qui lui a permis de transmettre le mouvement, tandis que des galeries vides et beaucoup plus éloignées du fourneau ont été culbutées. Il suit du raisonnement ci-dessus qu'il peut se faire qu'une galerie, présentant le flanc à l'action des poudres, soit entièrement détruite, tandis qu'une autre galerie plus rapprochée du foyer, mais qui lui présenteroit la pointe, ne perdroit que son fond et les derniers châssis.

En attendant que de nouvelles expériences sur cet objet mettent les officiers de mineurs à même d'appuyer leur raisonnement sur des faits, nous observerons que la transversale XY aboutissant à des galeries qui ont différentes issues dans les fossés, il y aura toujours un courant d'air frais qui permettra de pousser les écoutes inférieures à environ 15 mètres (45^{pieds}) en avant du premier étage, d'autant plus que les puits D ne seront jamais dans le cas d'avoir plus de 2,60 mètres (8^{pieds}) de profondeur : d'où il suit que l'assiégeant sera forcé d'établir son premier globe à 24 mètres (12^{toises}) au moins de l'extrémité de la galerie de communication, qui, par conséquent, ne pourra en être atteinte, même en admettant le plus grand effet du globe d'après les principes de Belidor, qu'autant que le fourneau aura 5,60 mètres (18^{pieds}) de ligne de moindre résistance; en sorte que si l'assiégeant

ignore à quelle distance il se trouve de cette galerie, et qu'il ne donne que 4,30 mètres (13[pieds]) de profondeur à sa mine, l'effet ne pourra atteindre l'extrémité *L* : il sera donc obligé, pour y parvenir, d'essuyer préliminairement toutes les chicanes des écoutes ; et s'il veut les éviter, il faudra qu'il établisse son premier globe hors de leur portée, afin d'en renverser les extrémités, et qu'il se rapproche ensuite pour les détruire successivement, ce qui demandera beaucoup de temps et remplira par conséquent le but de l'assiégé. Mais si l'assiégeant s'avise de vouloir établir un globe de compression dans le premier entonnoir que l'assiégé aura fait jouer, comme je l'ai déjà pressenti, alors le danger sera bien plus grand, et il sera difficile d'y parer sans le secours des sorties, qui doivent retarder le travail de l'ennemi et donner le temps au mineur assiégé d'établir sa première fougasse sous l'entonnoir. En effet, il faut au moins quatre heures et demie de temps à l'assiégé pour être en état de faire jouer son premier camouflet en *M*, et l'assiégeant, travaillant en plein air et pouvant multiplier les bras à volonté, n'aura besoin que de trois heures et demie au plus pour arriver au fond de l'entonnoir et y transporter les poudres ; et dès le moment qu'elles y seront, il ne sera guères possible d'exécuter le camouflet sans s'exposer à mettre soi-même le feu à ces poudres : il faut donc nécessairement que l'assiégé travaille à gagner du temps par toutes sortes de moyens, et je n'en connois que deux, celui des petites sorties et celui de changer quelque chose à la charge du fourneau *I* et au rameau *M* en dessous ; ces changemens consisteroient à réduire la charge des premiers fourneaux *I*, de manière à n'avoir que la force nécessaire pour culbuter la tête de sape, sans produire une grande excava-

tion, afin de pouvoir rapprocher davantage la partie du rameau *M*, qui doit être faite avant l'explosion, et en avoir par conséquent moins à faire après.

Au défaut d'expériences sur cet objet, on peut y appliquer la théorie des globes de compression de Belidor, et on trouvera que si, au lieu de 50 kilogrammes (100^{lb}) de poudre nécessaires pour produire un entonnoir dont le grand cercle ait 3,25 mètres (10^{pieds}) de rayon, et dont le rayon du globe soit d'environ 4,55 mètres (14^{pieds}), on n'y emploie que 35 kilogrammes (70^{lb}) de poudre, on aura alors un entonnoir dont le grand cercle sera de 2,40 mètres (7^{pieds}) de rayon, et dont le rayon du globe aura 4,06 mètres (12^{pieds}); d'où l'on conclura que les parois d'une galerie devant être éloignées du premier globe d'environ 5,85 mètres (18^{pieds}), l'extrémité de la partie du rameau *M* devra être éloignée d'environ 4,22 mètres (13^{pieds}) du second (en admettant les effets proportionnés aux cubes des rayons des globes) : or ces 4,22 mètres (13^{pieds}) de distance entre le fourneau *I* et la fougasse en *M* ont environ 2,60 mètres (8^{pieds}) de projection horizontale; lesquels, retranchés de la distance entre *I* et *M*, qui est aussi 4,22 mètres (13^{pieds}), donnent 1,62 mètres pour la partie du rameau qui pourroit être faite avant l'explosion, en sorte qu'il ne resteroit plus que 0,81 mètres (10^{pouces}) de rameau à faire; ce qui réduiroit à moins de deux heures le temps nécessaire à l'exécution du camouflet. On pourroit peut-être encore rapprocher davantage du foyer le rameau *M*; mais pour en être assuré il faudroit pouvoir s'appuyer d'expériences sur cet objet. On commence à voir ici la preuve de ce que j'ai avancé dans la seconde partie de ce traité, que si les expériences que je propose réussissoient,

la défense souterraine perdroit bientôt son avantage sur l'attaque.

Nous venons de voir que les écoutes du projet seront très-utiles en cas d'une guerre souterraine ; et si l'assiégeant se refuse à cette guerre et prend le parti de continuer son travail extérieur et d'essuyer le feu des fourneaux, alors les écoutes pourront servir à établir deux gros fourneaux qui reprendront l'effet de ceux du premier étage, avant que d'employer ceux du second étage de la disposition : tels sont les fourneaux *Y*, que l'on a ponctués en avant et entre les deux fourneaux *Z* et *Z*.

Si l'on soumettoit à l'expérience ce projet, ou tout autre appuyé sur les même raisonnemens, il pourroit en résulter bien des moyens d'instruction : il seroit possible d'exécuter de part et d'autre tout ce qui peut être pratiqué à la guerre, soit pour l'attaque, soit pour la défense ; on pourroit s'assurer jusqu'à quel point il est possible d'approcher, dans un terrain connu, une galerie en contrebas d'un fourneau destiné à une charge ordinaire, ou plus foible que d'ordinaire ; enfin, on pourroit s'assurer par de nouvelles expériences des effets que l'on peut attendre des globes de compression contre des galeries ou rameaux qui présenteroient leur pointe à l'action des poudres, etc.

CHAPITRE VI.

Application des principes précédens à un front de place dont le terrain permet de s'approfondir d'environ 3,25 mètres (10 pieds) en contrebas du fond des fossés.

QUOIQUE la manière d'attaquer et par conséquent celle de défendre une place puissent être très-différentes suivant que le front est soumis ou non aux ricochets; néanmoins les principales galeries que je me propose d'employer sont les mêmes pour les deux cas, et il n'y a de différence que dans la position des demi-galeries et des rameaux.

Pl. 3 et 5. Ce système est composé d'une galerie sur tout le pourtour de la contrescarpe à laquelle elle est adossée, et qui communique à la place par des galeries *a b*, qui passent sous les fossés et viennent aboutir aux souterrains établis à l'entrée des gorges des bastions; la galerie de contrescarpe a 2 mètres (6 pieds) de largeur autour des trois arrondissemens, et elle y est percée de quelques créneaux dont l'objet principal est de renouveler l'air dans cette portion de galerie destinée à contenir un poste prêt à se porter où besoin sera.

Parallèlement aux faces des bastions et de la demi lune et à 12 mètres (6 toises) en dedans des escarpes, règnent les galeries *c d*, d'où débouchent les écoutes qui conduisent aux fourneaux contre les décombres des brèches.

Sous la capitale du chemin couvert de la demi-lune est

une galerie prolongée jusqu'à 42 mètres (21 toises) en avant de la crête du parapet, où elle se brise en deux branches pour aller joindre la transversale *e f*, d'où partent les rameaux d'une première disposition de fourneaux, dont le premier étage est à 80 mètres (40 toises) du saillant; et sous les capitales des bastions, cette galerie est poussée à 56 mètres (28 toises) en avant de l'angle saillant, en forme d'écoute.

Derrière les traverses des trois places d'armes saillantes sont des écoutes poussées jusqu'à 24 mètres (12 toises) en avant des parapets; de ces écoutes partent des galeries qui vont joindre, à 24 mètres (12 toises) en avant des saillans, les transversales *g h*, d'où partent les rameaux d'une seconde disposition de fourneaux sous le saillant de la demi-lune et d'une première disposition sous les capitales des bastions, et dont le premier étage est à 40 mètres (20 toises) des saillans.

Il faut observer que la transversale *g h* se termine à 2 mètres (6 pieds) de part et d'autre de la galerie sous la capitale, avec laquelle elle ne communique que par un coup de trépan de chaque côté pour l'établissement d'un courant d'air.

Si l'on croit que ce courant d'air ne suffise pas pour permettre l'exécution de la première disposition de fourneaux, en avant de la transversale *e f*, alors on pourra y suppléer par deux galeries sous la capitale de la demi-lune, adossées l'une à l'autre par un pied-droit commun, qui aboutira d'une part au parement intérieur du mur de contrescarpe et qui partagera en deux la case *a*, laissant dans cette case, ainsi que dans la casemate à l'arrondissement de la contrescarpe, un passage fermé par une porte pour la communication. *Pl. 5, fig. 34.*

Derrière les traverses des places d'armes rentrantes et parallèlement à ces traverses, sont des galeries prolongées

jusqu'à 40 mètres (20toises) en avant de la galerie de contrescarpe ; elles se communiquent par une transversale, sur le milieu de laquelle est une écoute sous la capitale, poussée à 4 mètres (2toises) en avant du sommet de l'angle du parapet.

Telles sont les dispositions des galeries principales : je vais en développer l'usage et les avantages, après avoir fait observer que dans un premier mémoire, fait en 1790 et qui est entre les mains de plusieurs officiers de mineurs, je proposois de ne construire pendant la paix ou long-temps avant le siége, qu'une partie des galeries détaillées ci-dessus, afin d'empêcher que l'ennemi puisse en avoir connoissance ; mais ayant appris depuis par expérience combien il seroit difficile de se procurer, au commencement d'une guerre ou à l'approche d'un siége, tous les objets dont on auroit besoin pour exécuter promptement ce qui resteroit à faire, je me vois forcé, quoiqu'à regret, de proposer ici la construction à l'avance de toutes les principales galeries lavées en noir, et de ne réserver pour le moment de la guerre que celle des demi-galeries et rameaux.

§. I.er

La marche des attaques sur les capitales des bastions étant subordonnée à celle de la demi-lune, il s'ensuit qu'il doit suffire de multiplier la résistance sous cette dernière attaque pour retarder d'autant les progrès des deux autres ; en conséquence j'établis, sous la capitale de la demi-lune, une première disposition de fourneaux à 80 mètres (40toises) du saillant, pour arrêter l'ennemi à cette distance, sans m'embarrasser si ce sera devant ou après l'établissement d'une troisième ou d'une quatrième parallèle, dont les positions, relativement

tivement à leur distance entre elles et à leur éloignement des saillans, sont toujours indéterminées.

Cette première disposition, détaillée dans le chapitre précédent, occupe 40 mètres (20toises) de chaque côté de la capitale, compris l'effet des fourneaux moyens, de manière que l'on pourra arrêter l'ennemi lorsqu'il approchera du glacis, soit qu'il suive la marche ordinaire sur les capitales, soit qu'il s'en écarte de 16 à 24 mètres (8 à 12toises), en dirigeant des sapes doubles parallèlement à ces capitales : si l'on étoit assuré que l'ennemi voulût suivre dans ses approches le tracé de la première planche, alors il suffiroit d'étendre à 16 ou 20 mètres (8 ou 10toises) de chaque côté des capitales, la disposition ci-dessus ; mais j'ai cru devoir l'étendre davantage à cause de la facilité que la saillie de la demi-lune sur les bastions donne à l'assiégeant de déboucher de sa troisième parallèle, loin de la capitale, pour s'en rapprocher ensuite.

J'ai supposé au commencement de ce paragraphe, que pendant l'exécution de la première disposition de fourneaux sous la capitale de la demi-lune, les attaques des bastions ne feroient aucun progrès ; mais comme l'assiégeant pourra profiter de cette inaction pour faire fouiller par ses mineurs le terrain en avant de lui, je me suis mis à même de m'y opposer, au moyen de l'écoute sous chaque bastion, prolongée jusqu'à 56 mètres (28toises) en avant des saillans, et du fond de laquelle doivent partir des rameaux sous différentes directions, pour arrêter les travaux souterrains de l'ennemi, et même culbuter ses travaux extérieurs, lorsqu'il se portera en avant.

Sous chaque capitale des trois attaques et à la distance de 40 mètres (20toises) des saillans, j'établis en avant de la trans-

versale gh, une disposition de fourneaux qui embrasse 30,50 mètres (92^{pieds}) de chaque côté des capitales, compris l'effet des fourneaux moyens, ce qui paroît devoir suffire pour embrasser le plus grand écartement de la capitale que l'ennemi puisse suivre à cette proximité de la place.

Pour ne point embarrasser les galeries par les outils, bois et terres nécessaires au service et au bourrage des rameaux, j'ai pratiqué, en-deçà des galeries transversales ef gh, des galeries N, destinées uniquement à servir d'entrepôt à tous ces objets.

§. II.

Dans mon premier mémoire, fait en 1790, je m'étois occupé des obstacles que les mines peuvent opposer à l'établissement de la troisième ou quatrième parallèle de l'assiégeant; je crois que les dispositions que je proposois sont bonnes, et je ne les ai supprimées ici que parce qu'elles augmenteroient de beaucoup la dépense et les moyens nécessaires pour les exécuter.

Je vais en rendre compte, ainsi que du raisonnement sur lequel je les fondois. *Pl. 3.*

Pour être assuré d'arrêter l'ennemi dans la construction d'une troisième ou quatrième parallèle, suivant que ses approches se feront sous la protection de trois ou de quatre, il convient de déterminer quelle doit être, dans le premier cas, la plus grande distance de la troisième parallèle aux saillans, et dans le second cas, quelle doit être la plus petite distance de la quatrième parallèle à ces mêmes saillans.

1.° Lorsque l'assiégeant fait ses approches sous la protection de trois parallèles seulement, et qu'il n'a pas le projet d'attaquer le chemin couvert de vive force, alors il place

communément sa troisième parallèle au pied des glacis, c'est-à-dire à environ 50 mètres (25toises) des saillans, et il la forme par des lignes menées entre ces saillans; mais comme cette distance peut encore varier, je la fixe à 70 mètres (35toises), que je regarde comme le maximum de la distance de cette troisième parallèle aux saillans pour qu'elle puisse protéger efficacement les têtes de sape contre les petites sorties.

2.° Si l'assiégeant, décidé à attaquer le chemin couvert de vive force, fait ses approches sous la protection de quatre parallèles, il établira la quatrième le plus près qu'il pourra des saillans, mais hors de la portée des grenades à main, qui est d'environ 28 mètres (14toises); ainsi le minimum de la distance de cette quatrième parallèle aux saillans sera de 30 mètres (15toises), et elle sera tracée par les lignes *u s r s*, qui se briseront sur les capitales des places d'armes rentrantes, et dont les prolongemens passeront à environ 2 mètres (6pieds) au dehors des sommets des angles saillans. *Pl.* 1.ere

Ce sera donc entre les lignes *p q u s r* que sera établie la troisième ou quatrième parallèle, dont les dispositions de fourneaux pour s'opposer avec succès à cet établissement, doivent occuper toute la largeur de l'espace compris entre ces lignes. Quant à l'emplacement à choisir pour établir ces fourneaux, c'est sans contredit de part et d'autre des capitales des places d'armes rentrantes, comme on le voit en avant de celle cotée 4, où l'on a ponctué les principales galeries qu'il conviendroit d'employer; et ce n'est pas entre les écoutes qu'il faudroit placer les fourneaux, mais en dehors, sur les flancs de ces écoutes, c'est-à-dire, dans la direction que l'assiégeant doit suivre pour arriver depuis les saillans sur la capitale de la place d'armes rentrante, parce qu'alors il auroit à essuyer

l'action des mines, le feu du canon de la courtine et les sorties, qui, débouchant des places d'armes rentrantes, pourront pénétrer dans l'espace compris entre les écoutes, et prendre à dos de chaque côté la partie de la parallèle qui seroit faite.

Tel étoit mon raisonnement pour justifier les fourneaux placés en dehors des écoutes sur toute l'étendue comprise entre les lignes *p q* et *u s r*; je les supprime ici par les raisons établies au commencement de ce paragraphe.

§. III.

Les dispositions de mines à faire contre l'assiégeant, traversant les glacis, et même celles que l'on pourroit employer en avant des places d'armes rentrantes contre la dernière parallèle, si l'importance de la place l'exigeoit, conviennent à tous les fronts soumis ou non aux ricochets; mais les dispositions subséquentes ne doivent pas être les mêmes dans les deux cas, ainsi que je l'ai fait voir dans le premier chapitre: en conséquence je vais les détailler séparément.

Lorsque le front donné est soumis aux ricochets.

Pl. 5, *fig.* 34. On a vu que dans cette hypothèse l'ennemi peut facilement déboucher de sa dernière parallèle pour s'emparer du chemin couvert, établir ses logemens *F* dans son intérieur, et y multiplier les attaques de ses mineurs contre la contrescarpe et sa galerie; de là il suit que, si l'on bornoit la défense souterraine du chemin couvert à des dispositions de fourneaux contre les batteries et logemens sur la crête des glacis, on courroit très-grand risque de les voir rendre nulles par la destruction de la galerie de contrescarpe. On doit donc faire tous ses efforts pour conserver cette galerie;

et pour y parvenir, il faut nécessairement avoir des dispositions préparées sous le terre-plein du chemin couvert; car si l'assiégeant se loge dans ce terre-plein à l'entrée de la nuit, il ne lui faudra que six à sept heures au plus pour renverser la contrescarpe. En effet, dans deux heures de temps, le logement, qui n'a besoin que de 2 mètres (1^toise) au plus de largeur, sera en état de recevoir les mineurs, et si l'on suppose 6,50 mètres (19^pieds 6^pouces) de hauteur à la contrescarpe, et un mètre (3^pieds) de profondeur au logement, il ne faudra autour des arrondissemens, ainsi qu'à l'extrémité des petits logemens *E*, que des puits *P* de 0,85 mètres (2^pieds) en quarré sur 2,92 mètres (9^pieds) de profondeur, pour être à hauteur de l'extrados de la voûte de la galerie. Or chacun de ces puits, ne contenant qu'environ 2 mètres (6^pieds) cubes, sera fouillé en terrain ordinaire, et chargé sans bourrage, auquel on peut suppléer par une barrique de poudre en sus*, en moins de quatre heures, compris le temps nécessaire à la pose d'une couple de cadres et de quelques planches de coffrage; ainsi la totalité du temps qui précédera la destruction de la galerie sera de six à sept heures au plus, c'est-à-dire qu'au jour elle sera renversée, sans que l'assiégé puisse s'y opposer autrement qu'en la sacrifiant lui-même, s'il n'a pas prévu les moyens d'arrêter le travail du sapeur et du mineur assiégeans dans le terre-plein. Mais quels sont ces moyens? voilà la difficulté; essayons de la lever, sans autre prétention que celle de donner à d'autres que moi le désir de mieux faire.

---

* Voyez à ce sujet, à la fin de ces Mémoires, le résultat des expériences faites à Metz en l'an 9.

L'inspection de la figure 34 suffit pour faire voir que le petit logement *E*, entre les traverses saillantes et rentrantes, pouvant déboucher de tout autre point de l'étendue comprise entre ces traverses, il faut nécessairement que les dispositions défensives à faire embrassent toute cette étendue, ainsi que les arrondissemens de la contrescarpe. Dans le premier mémoire dont j'ai parlé ci-dessus, j'avois établi, sous toute cette étendue, ainsi que sous la crête des glacis, des fougasses de 2 mètres (6^{pieds}) au plus de rayon, compassées entre elles de manière que l'assiégeant ne pouvoit ouvrir un puits sur aucun point des logemens placés, soit sur la crête des glacis, soit sur le bord de la contrescarpe, soit enfin au pied de la banquette, sans être rencontré par une de ces fougasses; mais la prodigieuse quantité de rameaux que ce moyen exigeoit, la difficulté de les construire si près les uns des autres en rampes très-roides, et plus encore la presqu'impossibilité de pouvoir tout surveiller et d'être prêt partout et en même temps, m'ont fait renoncer à cette idée pour la remplacer par des moyens qui m'ont paru moins compliqués et plus indépendans des événemens: ils consistent à disposer autour des arrondissemens, et sur toute l'étendue comprise entre les traverses saillantes et rentrantes, des fourneaux *x* de 3,25 mètres (10^{pieds}) de ligne de moindre résistance. Ils sont établis à 6,50 mètres (19^{pieds} 6^{pouces}) de distance de la galerie de contrescarpe, et peuvent jouer deux à deux sans nuire aux voisins; les demi-galeries qui traversent la largeur du chemin couvert, et d'où débouchent les rameaux qui conduisent à ces fourneaux, remplissent deux objets essentiels: elles donnent le moyen d'arriver aux fourneaux *x* par des pentes peu roides, et dans le cas où l'ennemi ne se logeroit pas dans

l'intérieur du chemin couvert, elles serviront à se porter de nouveau sous les glacis, ainsi que nous le verrons dans peu.

Cette disposition de fourneaux dans le terre-plein est, à mon avis, la seule que l'on puisse employer avec succès contre l'attaque du mineur assiégeant; je conviens qu'elle est bornée à ce seul étage, par le peu de largeur entre la galerie de contrescarpe qu'il faut conserver et le parapet du chemin couvert, et que, si l'assiégeant se jette dans les entonnoirs, la contrescarpe et sa galerie seront détruites avant que l'assiégé ait eu le temps de se porter sous ces entonnoirs par de nouveaux rameaux débouchant de la galerie, à moins que d'employer des moyens extérieurs pour retarder les travaux du mineur assiégeant. Je donnerai incessamment mon avis sur ces moyens, et en attendant je ferai observer ici que, pour en faciliter le succès, je prive l'assiégeant de l'abri que lui donnent les traverses en les détruisant par deux fourneaux accolés, placés dans le milieu de la longueur à environ 1 mètre (3^{pieds}) au-dessous du terre-plein du chemin couvert, ou 3,25 mètres (10^{pieds}) au-dessous du parapet.

Après avoir pourvu, autant qu'il est possible de le faire, aux moyens d'arrêter par les mines les travaux de l'assiégeant dans le terre-plein du chemin couvert, passons aux dispositions à établir sur la crête des glacis.

Quelle que puisse être la disposition de mines que l'on destinera à s'opposer au couronnement et aux batteries sur la crête du chemin couvert, il est hors de doute que dans le cas dont il s'agit ici d'un front soumis aux ricochets, les galeries courront de très-grands dangers aussitôt que l'assiégeant aura construit sa quatrième parallèle, soit par suite de l'attaque de vive force du chemin couvert, soit aussi par

la proximité où elles se trouveront de cette quatrième parallèle, ne pouvant en être éloignée que de 32 à 34 mètres (16 à 17[toises]), ce qui les mettra en prise à un globe de compression de 6,50 mètres (20[pieds]) de ligne de moindre résistance qui pourroit être établi, à 8 ou 10 mètres (4 ou 5[toises]) en avant de la parallèle, en moins de vingt-quatre heures de travail, au moyen d'un puits de 3,90 mètres (12[pieds]) de profondeur, et d'un rameau de 8 à 10 mètres (4 à 5[toises]) de longueur, descendant de 0,25 par mètre.

Il suit de là que, dans le cas dont il s'agit ici, une disposition de mines ne doit pas avoir pour objet d'arrêter par le feu successif de ses fourneaux les travaux de l'ennemi sur la crête du glacis, puisqu'il est hors de doute qu'il ne les entreprendra qu'après s'être bien assuré d'avoir rendu inutiles les moyens défensifs, soit par la destruction de la contrescarpe, soit par l'effet des globes de compression : mais il faut que les galeries et fourneaux soient disposés de manière à donner à l'ennemi beaucoup de peine lorsqu'il voudra construire ses batteries, et à pouvoir être exécutés en totalité et sur toute l'étendue des points où l'assiégeant peut s'établir, aussitôt que le chemin couvert sera en son pouvoir, ou que l'on aura connoissance, par les petites sorties, qu'il ouvre des puits dans sa quatrième parallèle; c'est-à-dire, que la disposition de mines ne doit pas avoir pour objet principal la destruction d'ouvrages faits extérieurement, mais bien de bouleverser le terrain destiné aux batteries, de manière à en rendre l'exécution très-longue et très-difficile.

Fig. 34. Pour remplir ce but, je propose de substituer aux différens étages que l'on est dans l'usage d'établir sous les glacis, un seul étage de gros fourneaux M, disposés comme on le voit sous

sous la branche droite des glacis de la demi-lune. Ils ont 7,15 mètres (21 pieds) de ligne de moindre résistance, et sont disposés de manière à ce que l'on puisse faire jouer ensemble tous ceux d'une même tige, sans nuire aux tiges voisines. Le rang le plus rapproché du parapet en est éloigné de 13 mètres (39 pieds), et le profil au-dessus en fait voir l'effet : on *Fig.* 35. peut y remarquer que cet effet s'étend jusqu'à 30 mètres (15 toises) en avant du parapet, et qu'entre ce parapet et le bord du premier entonnoir il reste un masque *b b* de 6 mètres (3 toises) d'épaisseur au-dessus, trop étroit pour que l'on puisse établir des batteries dessus, et trop épais pour être renversé autrement que par la mine. La première tige du *Fig.* 34. côté du saillant a pour objet les contre-batteries des épaules et des flancs; les deux autres tiges ont pour objet les batteries de brèche. On doit remarquer que rien ne peut empêcher l'assiégé de faire jouer ces gros fourneaux, ou plus tôt ou plus tard, suivant la conduite de l'assiégeant, et le plus ou le moins de danger qu'il y aura à courir de la part des travaux de son mineur; ils produiront, sous les points destinés aux dernières batteries de l'assiégeant, un très-vaste entonnoir continu, qui, se trouvant parallèle à la galerie de contrescarpe, deviendra le réceptacle de toutes les bombes et obus que l'on pourra faire partir de la place afin de donner le temps au mineur assiégé, toujours maître de sa galerie de contrescarpe, de se porter sous les entonnoirs pour y préparer de nouveaux obstacles à l'ennemi, qui ne pourra avoir que deux partis à prendre : l'un de combler cet énorme entonnoir et de s'exposer par conséquent à une nouvelle destruction; l'autre d'établir sa batterie en *P P*, à l'extrémité des entonnoirs, et de *Fig.* 35. renverser le masque *b b*, ainsi que la contrescarpe, par des

globes de compression, afin de pouvoir découvrir le pied de l'escarpe. Ce dernier parti sera vraisemblablement celui auquel l'assiégeant s'attachera; et il faut convenir qu'il pourroit remplir son objet, même dans assez peu de temps, si le nouveau travail du mineur assiégé, pour prévenir l'assiégeant, n'étoit pas protégé par la défense extérieure, comme il peut l'être, ainsi que je le ferai voir lorsque je traiterai de la conduite du mineur pendant le siége.

Dans mon premier mémoire je proposois d'étendre l'effet des gros fourneaux, auxquels je donnois 6,50 mètres (20^{pieds}) de ligne de moindre résistance, jusque dans le terre-plein du chemin couvert dont ils détruisoient le parapet, ne laissant qu'un masque d'environ 8 mètres (4^{toises}) d'épaisseur entre les entonnoirs et la contrescarpe; par ce moyen je privois l'ennemi de la faculté d'établir ses batteries de brèche, soit sur la crête du glacis, soit dans le chemin couvert, et mes mineurs, débouchant de la galerie de contrescarpe après le jeu des gros fourneaux, n'avoient que très-peu de chemin à parcourir pour se trouver à même de s'opposer au mineur assiégeant dans son travail pour le renversement de la contrescarpe. Mais, d'un autre côté, en détruisant le parapet *b b* j'exposois à la vue de la batterie *P P* la partie *e f* de l'escarpe, ce qui m'a déterminé à le conserver pour ne pas heurter les règles générales : examinons présentement si la conservation de la partie *e f* de l'escarpe me dédommagera du précieux avantage de pouvoir porter mes mineurs sous les gros entonnoirs assez promptement pour prévenir le renversement de la contrescarpe, ou du moins la destruction de la galerie qui lui est adossée.

Fig. 35.

Il est clair qu'en conservant le parapet *b b*, la batterie *P P*

ne verra aucune partie de l'escarpe, et que pour en battre le pied en brèche l'ennemi sera obligé de renverser le masque *b b* ainsi que la contrescarpe; mais il n'est pas moins évident qu'en détruisant *b b* la batterie ne verra que *e f*, et que pour faire une brèche praticable il faudra également renverser la contrescarpe, puisque la chute de *e f* n'entraîneroit qu'une partie *f p u* du parapet de l'ouvrage, peu conséquente pour la défense de ce point, et trop peu considérable pour combler le fossé à environ 1 mètre (3 pieds) au-dessous de *e*. Ainsi donc, dans les deux cas, l'ennemi sera obligé de renverser la contrescarpe par l'effet des globes de compression : ce qu'il pourra exécuter dans environ vingt heures après l'explosion des gros fourneaux, savoir, trois heures pour décider le travail, préparer les objets qui y sont nécessaires, rétablir la communication et rendre praticable le fond de l'entonnoir; deux heures pour dégager le fond de l'entonnoir à l'endroit du travail; douze heures pour la construction d'enyiron 6 mètres (3 toises) de rameaux, et trois heures pour la charge et le bourrage; et si les expériences que j'ai proposées à la fin de la seconde partie de cet ouvrage réussissoient, ce travail seroit réduit à moitié tout au plus.

Examinons donc si ces vingt heures de temps me suffiront dans l'hypothèse de la conservation du parapet *b b*.

Il est hors de doute que si l'ennemi ne m'a pas forcé à faire jouer les fourneaux *x* dans le terre-plein du chemin couvert avant ceux *y*, alors je pourrai déboucher des extrémités *r* des demi-galeries *r s* pour me porter près des gros entonnoirs, et que, n'ayant qu'environ 7 mètres (21 pieds) de rameaux à faire, auxquels je puis travailler immédiatement après l'explosion des fourneaux *y*, j'en serai à portée dans *Fig.* 34.

environ quatorze heures, c'est-à dire, avant que l'ennemi ait pu terminer son rameau. Mais si l'assiégeant me forçoit à faire jouer les fourneaux x, soit avant soit après ceux y, et qu'ensuite il établisse ses mineurs dans ces derniers entonnoirs, alors je serois obligé de déboucher des amorces de la galerie de contrescarpe, marquées entre les demi-galeries $s\,r$, pour me porter sous ces entonnoirs, où je ne pourrois arriver qu'après avoir fait environ 18 mètres (9 toises) de rameau, qui exigeroient près de trente-six heures de travail, en sorte qu'à coup sûr je serois prévenu par l'assiégeant; au lieu que si l'entonnoir y s'étendoit dans le terre-plein du chemin couvert, alors n'ayant tout au plus que 7 mètres (21 pieds) de rameau à construire pour en être à portée, j'y arriverois toujours dans treize à quatorze heures de temps, c'est-à-dire, avant que le travail du mineur ennemi puisse être terminé.

De là il suit que dans ce dernier cas je suis toujours assuré d'arriver à temps sur l'ennemi, et que, dans le premier, je ne puis l'espérer qu'autant qu'il ne m'auroit pas forcé à faire jouer les fourneaux x. Je conviens que les secours que je puis tirer de la défense extérieure pourront prolonger la durée du temps nécessaire à l'ennemi pour terminer les préparatifs de son globe de compression dans le premier cas, mais ces secours augmenteront également dans le second cas mes moyens de faire de bonnes dispositions souterraines contre son mineur.

Fig. 34 *et* 35. Il est essentiel de remarquer que le fond de l'entonnoir y n'étant éloigné de la galerie de contrescarpe que d'environ 20 mètres (10 toises), si l'ennemi y pratique un rameau de 6 mètres (3 toises) en avant, alors ses poudres se trouveront à 14 mètres (7 toises) de la galerie; et ce fourneau, ayant au moins

6,50 mètres (20 pieds) de ligne de moindre résistance, portera l'effet de son globe de compression bien au-delà de la contrescarpe, qui, lui prêtant le flanc, sera par conséquent détruite, ou tout au moins la galerie qui lui est adossée; ce qui termineroit également la défense souterraine de ce côté.

Ces observations m'ont engagé à tracer sur les figures 36 et 37 un projet de gros fourneaux *y*, détruisant le parapet *b b*, au moyen desquels je supprime ceux *x* dans le terre-plein entre les traverses, ainsi qu'aux arrondissemens des contrescarpes, où je les remplace par d'autres gros fourneaux *z* établis à peu près parallèlement à la contrescarpe; ces fourneaux ont 6,82 mètres (21 pieds) de ligne de moindre résistance, et le premier rang est à 13 mètres (39 pieds) de la galerie de contrescarpe. J'ai marqué sur le profil la largeur de *Fig. 37.* l'entonnoir qui résulteroit de cette nouvelle disposition entre les traverses saillantes et rentrantes, lequel, se joignant à peu de chose près avec celui des fourneaux *Z*, formeroit un vaste *Fig. 36 et 37.* entonnoir continu sur tout le pourtour et en avant de la contrescarpe, et vers lequel le mineur assiégé seroit toujours à même de prévenir l'assiégeant. Ce nouveau projet n'aura aucun effet contre les batteries qui doivent détruire les flancs ou les épaules : mais il me semble que, ces batteries pouvant découvrir l'objet qu'elles ont à battre sans pour cela être placées sur la crête même des glacis, on doit croire que l'ennemi, sachant que le front qu'il attaque est miné, établira ces batteries en arrière de la crête, ou du moins en différera l'exécution jusqu'à ce qu'il se soit assuré du dessous. Au surplus la disposition *M* sous la communication *c* peut encore avoir *Fig. 34 et 36,* lieu dans la deuxième figure, au moyen de quelques petits

changemens pour rendre les tiges *M* et *z* indépendantes l'une de l'autre.

On objectera peut-être que l'entonnoir que je forme en avant de la contrescarpe, servira de couvert à l'ennemi; j'en conviendrai, mais j'ajouterai que ce sera précisément ce grand et profond couvert qui prolongera la résistance de la place, et qu'il m'importe peu qu'il soit abrité, pourvu que je puisse l'empêcher de profiter de son abri pour me nuire.

Si l'on veut réfléchir sur ce que j'ai souvent répété, qu'à l'attaque d'un front soumis aux ricochets, l'assiégeant maître du chemin couvert peut aisément détruire la galerie de contrescarpe, je crois qu'alors on adoptera les moyens généraux que je viens de proposer pour retarder cette destruction, et opposer en même temps de très-grands obstacles à l'ennemi dans la construction de ses batteries de brèche.

Résumant tout ce qui a été dit à ce sujet dans ce paragraphe, je pense que l'on pourra en conclure, 1.° que l'on peut aisément bouleverser le terrain destiné aux batteries de brèche jusqu'à 30 mètres (15^{toises}) en avant du parapet du chemin couvert, et qu'au surplus cette distance doit varier suivant le plus ou le moins de pente des glacis; 2.° que si la ligne *p p e* rencontre l'escarpe au-dessous de sa demi-hauteur, alors il sera prudent de conserver le parapet *b b* comme on l'a fait; mais que, si cette ligne rencontre l'escarpe au quart ou au tiers de sa hauteur, à compter du sommet, alors on pourra adopter la disposition des figures 36 et 37.

Fig. 35.

Il reste à rendre compte des dispositions sous la place d'armes rentrante 5. Comme elle est protégée par le feu de la courtine, on doit croire que l'ennemi ne s'y logera pas de vive force, mais qu'il en couronnera les branches, et s'éta-

Digitized by Google

blira dans son intérieur par la sape ordinaire. On pourroit donc se contenter ici des dispositions faites à la place d'armes rentrante 4, pour le cas du front non soumis aux ricochets. Cependant, comme l'assiégeant, enhardi par ses succès le long des grandes branches du chemin couvert, pourroit aussi tenter de s'établir de même dans la place d'armes rentrante 5, j'ai cru devoir préparer sous le logement qu'il pourroit tenter d'y établir d'une traverse à l'autre, soit par une ligne droite, soit par une portion de cercle, une disposition de gros fourneaux *R*, ayant comme les précédens pour objet principal de tenir l'assiégeant éloigné de la galerie de contrescarpe, et de me conserver les moyens de me porter de nouveau sous lui en avant de l'angle de cette place d'armes; j'établis une disposition *Q* à deux étages, contre la batterie qu'il pourroit élever sur ce point, soit pour battre en brèche la courtine par l'échappé de la tenaille, soit pour jeter des bombes, grenades et pierres sur les ouvrages du front d'attaque.

Lorsque le front donné ne peut être pris à ricochet.

J'ai dit dans le premier chapitre que si le front n'est pas soumis aux ricochets, et que l'assiégé sache profiter de ses avantages, l'assiégeant ne pourra se maintenir par une attaque de vive force dans le terre-plein ni sur la crête des grandes branches du chemin couvert, et que par conséquent il sera forcé à déboucher de sa quatrième parallèle par sape ordinaire, pour arriver au saillant et faire le couronnement pied à pied, précédé par ses mineurs qui fouilleront le terrain en avant des sapes, ce qui amènera nécessairement la guerre souterraine. De là il suit que dans cette hypothèse la disposition de mines à établir sous les glacis, doit avoir deux objets dis-

tincts : l'un, de pouvoir détruire les ouvrages extérieurs de l'assiégeant, et particulièrement ses batteries de brèche et de contre-flancs ; l'autre, de s'opposer aux travaux souterrains de son mineur, et cette dernière disposition doit couvrir la première et lui servir d'avant-poste. C'est d'après ce principe que je me suis conduit dans le tracé sous les glacis de la branche gauche de la demi-lune.

Fig. 34. 1.° Pour détruire les batteries de l'assiégeant, ou plutôt pour lui en rendre l'établissement très-difficile (car je ne puis me persuader qu'il soit jamais assez bon pour se placer sur un point dont il ne connoîtroit pas le dessous), je n'ai rien trouvé de mieux qu'un simple étage de gros fourneaux disposés entre eux à peu près comme ceux sous la branche droite; mais comme l'on doit s'attendre ici à une guerre souterraine, et que dans ce cas il est très-essentiel d'être toujours maître de l'origine des feux, les galeries qui conduisent à ces fourneaux débouchent de la galerie de contrescarpe. Dans la disposition sous les batteries de contre-épaule, les fourneaux *A* peuvent jouer deux à deux, et ceux *D* sous la batterie de brèche peuvent jouer par tige.

Entre les galeries qui conduisent aux fourneaux, j'en établis d'autres *G I*, poussées jusque près de l'aplomb de la crête du parapet, pour être à même de me porter promptement sous les premiers entonnoirs.

2.° Pour m'opposer aux travaux souterrains du mineur assiégeant, j'enveloppe mes gros fourneaux par des branches de rameau d'écoute *K L*, qui, embrassant tout le terrain en avant d'eux et pouvant encore être prolongés de quelques mètres, me permettront de m'opposer long-temps aux tentatives de l'ennemi pour l'établissement des globes de compression,

pression, sans être embarrassé en rien pour faire jouer mes gros fourneaux lorsque les moyens de mes rameaux d'écoute seront épuisés.

Si l'on me demande pourquoi je n'ai pas disposé trois étages de fourneaux sous les batteries, je répéterai ce que j'ai déjà dit, qu'ici le but principal ne doit pas être de faire sauter plusieurs fois un même point, sur lequel l'ennemi n'établira ses batteries qu'après s'être bien assuré qu'elles ne sauteront pas; mais de faire naître de grands obstacles à la construction de ces batteries, et de pouvoir s'opposer long-temps aux moyens que l'assiégeant peut employer pour s'assurer du dessous, moyens qui consistent à établir des globes de compression hors de l'atteinte des fourneaux de l'assiégé, ou à déboucher loin de ces fourneaux, pour gagner le dessous ou du moins le niveau du dernier étage, en sorte que les deux premiers doivent être regardés comme parfaitement inutiles.

Dans l'hypothèse présente on doit croire que l'ennemi sera forcé à faire pied à pied ses établissemens, soit sur la crête, soit dans l'intérieur de la place d'armes rentrante 4. En conséquence j'ai isolé les fourneaux *o* sous le logement de l'intérieur, en ne lui donnant que 4,55 mètres (14^{pieds}) de ligne de moindre résistance pour diminuer le couvert : les écoutes *S* sous la capitale et à côté serviront à établir sous ce point une disposition dans le genre de celle de la place d'armes rentrante 5, si l'ennemi tentoit d'y établir une batterie plutôt que dans sa quatrième parallèle, ou s'il vouloit y rapporter celle-ci ; et dans le cas où il ne feroit que couronner ce saillant, elles serviront à le faire sauter, et même plusieurs fois.

§. IV.

Lorsque l'assiégeant aura épuisé, par sa constance et avec le temps, tous les moyens du mineur assiégé en avant des fossés, il renversera la contrescarpe et établira ses batteries de brèche sur les glacis : alors on préparera les fourneaux au pied de l'escarpe, pour enlever les décombres des brèches et escarper de nouveau le pied du mur, en disposant pour cela les rameaux et fourneaux comme on le voit au pied de l'escarpe de la face gauche de la demi-lune, ainsi qu'au profil; après quoi il ne restera plus à l'assiégé que la ressource de détruire le logement sur la brèche par les fourneaux sous le parapet.

Je terminerai ce chapitre par l'observation suivante, c'est que la totalité des galeries à construire en maçonnerie pendant la paix, n'est que de 3240 mètres (1620 toises) courans environ, dont 2200 (1100 toises) appartiennent aux galeries d'escarpe et de contrescarpe, qui doivent être à peu près les mêmes quelles que puissent être les dispositions ultérieures; en sorte qu'il ne reste, pour les galeries sous les glacis et leurs communications à la galerie de contrescarpe, qu'environ 1040 mètres (520 toises) courans.

Présentement, si l'on compare ce nombre de mètres à celui qui résulteroit du plus simple système à enveloppe, en n'en supposant qu'une placée à 30 mètres (15 toises) du parapet du chemin couvert, avec deux écoutes parallèles à chaque capitale des places d'armes saillantes et rentrantes, on trouvera qu'il faudroit sous les glacis environ 1800 mètres (900 toises) courans de galeries, en les réduisant autant que faire se peut; que seroit-ce donc si l'on poussoit l'enveloppe plus

avant, et si l'on vouloit augmenter les communications ou multiplier les écoutes? on tomberoit bientôt dans un développement de galeries aussi ridicule que celui du fort Belle-Croix à Metz.

CHAPITRE VII.

Devis détaillé des approvisionnemens nécessaires à l'exécution des galeries et rameaux à construire en bois avant le siége, lorsque le front est soumis aux ricochets.

En supposant que toutes les principales galeries auront été construites pendant la paix, il ne restera à faire que les demi-galeries et rameaux, lesquels doivent être exécutés en bois de chêne ou de sapin, suivant le pays.

Les demi-galeries auront un mètre (3^{pieds}) de largeur sur 1,30 mètres (4^{pieds}) de hauteur dans œuvre des châssis.

Les rameaux, 0,64 mètres (2^{pieds}) de largeur sur 0,81 mètres (3^{pieds}) de hauteur, pareillement dans œuvre des châssis.

Développement des galeries et rameaux à construire.

	Bastions.		Demi-lunes.		Totaux.	
	Mètres.	Toises.	Mètres.	Toises.	Mètres.	Toises.
Demi-galeries...	876	449	676	347	1552	796
Rameaux.....	1622	832	1100	565	2722	1397

Quantité de bois, planches et plateaux nécessaires pour coffrer en plein deux mètres courans (1 toise) des différentes galeries à construire.

		Nombre de		Grosseur des Bois.	
		Mètres courans.	Pieds.	en centimètres.	en lignes.
Galerie de 1 mètre (3 pieds) sur 1,78 mèt. (5 pieds), ayant 2 châssis par double mètre courant (6 pieds).	2 chapeaux de 1,30 mètres (5 pieds).	2,60	8	15 sur 18	66 sur 79
	2 semelles *idem*.	2,60	8	12 et 15	53 et 66
	4 montans de 2 mètres (6 pieds).	8,00	24 $\frac{1}{8}$	15 et 15	66 et 66
	10 madriers de 1,22 mètr. (3 $\frac{2}{3}$ pieds).	12,20	37 $\frac{1}{3}$	30 et 4	132 et 18
	14 planches de 2,43 mèt. (7 $\frac{1}{3}$ pieds).	34,02	104 $\frac{4}{9}$	30 et 3	132 et 15
Galerie de 1 mètre (3 pieds) sur 1,30 mèt. (4 pieds), ayant 3 châssis pour 4 mètres, ou 1,50 châssis par double mètre (6 pieds).	1,50 chapeaux de 1,30 mèt. (4 pieds).	1,95	6	12 sur 15	53 sur 66
	1,50 semelles de 1,30 mèt. (4 pieds).	1,95	6	9 et 12	40 et 53
	3 montans de 1,46 mètres (4 $\frac{1}{7}$ pieds).	4,38	13 $\frac{1}{16}$	12 et 12	53 et 53
	7,50 madriers de 1,54 mèt. (4 $\frac{5}{6}$ pieds).	11,55	35 $\frac{1}{2}$	30 et 4	132 et 18
	7,50 planches de 2,76 mèt. (8 $\frac{1}{2}$ pieds).	20,07	61 $\frac{1}{4}$	30 et 3	132 et 15
Rameau de 0,64 mètre (2 pieds) sur 0,81 mèt. (2 $\frac{1}{2}$ pieds), à raison de 1,50 châssis par double mètre (6 pieds).	1,50 chapeaux de 1 mètre (3 pieds).	1,50	4 $\frac{7}{12}$	9 sur 12	40 sur 53
	3 montans et 1,50 semelles.	4,38	13 $\frac{5}{12}$	9 et 9	40 et 40
	9 planches de 2,76 mètres (8 $\frac{1}{2}$ pieds).	24,84	76 $\frac{1}{2}$	30 et 3	132 et 15
Rameau à la hollandoise par double mètre (6 pieds).	7 chapeaux de 0,76 mètres (2 pieds).	5,32	16 $\frac{1}{2}$	30 sur 4	132 sur 18
	7 planches de 2,48 mètres (7 $\frac{1}{4}$ pieds).	17,36	53 $\frac{5}{12}$	30 et 3	132 et 15

Quantité de bois, planches et plateaux nécessaires pour coffrer en plein la totalité des demi-galeries et rameaux du projet.

		Mètres courans.	Toises.
Demi-galeries de 1 mètre sur 1,30 mètre.			
1552 mètres ou 776 doubles mètr. cour. (796 toises), pour lesquels il faudra,	En bois de 12 centimètres sur 15 (4 pouc. sur 6)	1513	776
	En bois de 12 sur 12 (4 pouc. sur 4)	3401	1445
	En bois de 9 sur 12 (3 pouc. sur 4)	1512	776
	En madriers de 30 centim. sur 4 (11 pouc. sur 1)	8986	4611
	485 douzaines de planches de 2,76 mètres sur 30 cent. (8 pieds 6 pouc. sur 11 pouc.) de grosseur.		
Rameaux de 0,64 mètre sur 0,81 mètre.			
1361 doubles mètres coue. (1397 toises), pour lesquels il faudra,	En bois de 9 centimètres sur 12 (3 pouc. sur 4)	1988	1020
	En bois de 9 centimètres sur 9 (3 pouc. sur 3)	5965	3060
	1020 douzaines de planches de 2,76 mètr. sur 30 cent. et 3 cent. (11 pouces sur 1).		

Quantité de stères ou mètres cubes contenus dans les bois ci-dessus.

	stères.	pieds cub.
1513 mètr. cour. (776 toises) en bois de 12 cent. sur 15 (53 lignes sur 66) contenant.....	27 21	793
3401 mètr. cour. (1745 toises) en bois de 12 cent. sur 12 (53 lignes sur 53) contenant.....	48,97	1428
3500 mètr. cour. (1796 toises) en bois de 9 cent. sur 12 (40 lignes sur 53) contenant.....	37,80	1102
5965 mètr. cour. (3061 toises) en bois de 9 cent. sur 9 (40 lignes sur 40) contenant.....	48,32	1409
TOTAL des mètres cubes...	162,30	4733

192 douzaines de plateaux de 4 mètres (12 pieds) de longueur sur 30 cent. et 4 cent. (9 pouces et 8 lignes) de grosseur.

1505 douzaines de planches de 2,76 mètres (8 pieds et 6 pouces) sur 30 cent. et 3 cent. (9 pouces sur 1) de grosseur.

Ces 1505 douzaines de planches supposent que l'on coffrera en plein les côtés de toutes les galeries, ainsi que les ciels et côtés de tous les rameaux ; mais attendu que dans les terrains ordinaires on peut coffrer les côtés tant pleins que vides, on pourroit dans ce cas réduire à moitié environ le nombre de douzaines de planches, et tenir compte en sus de ce qu'il faudroit pour les augets, boîtes, coffres des poudres, tringles, etc. Ces derniers objets ne laissant pas que d'être très-considérables, vu la perte des bois que leur construction occasionne, on estime que l'on ne doit porter la réduction qu'à 0,33 du total.

Si l'on veut coffrer une partie des rameaux avec des châssis à la hollandoise, alors il faudra des madriers de plus et moins de planches, ce qui sera toujours facile à calculer.

Clous de six centimètres de longueur pour fixer les tringles.

Il faut seize clous par double mètre courant lorsqu'il y a deux châssis, et douze clous lorsqu'il n'y a qu'un châssis et demi ; ce qui donne pour les 2137 doubles mètres de galeries ou rameaux, à raison d'un châssis et demi par double mètre, 25644 clous, que l'on portera à trente milliers, pour tenir compte de la perte.

Chandelles.

Il faudra au moins dix chandelles éclairées à chacune des trois attaques, ce qui donnera trente chandelles toujours allumées pendant la durée du travail et du siége. On les prend de douze au kilogramme, et elles durent environ six heures ; ainsi, en supposant cinq mois de temps, il en faudra environ quinze cents kilogrammes.

Outils à mineurs.

Aiguilles à petarder, avec leurs curettes et épinglettes..	12.
Pistolets d'un mètre et 0,66 mèt. (2^{pieds}) de longueur..	30.
Massettes non acérées pour battre les pistolets.....	30.
Masses à tranches et masses quarrées.....	36.
Pinces de différentes longueurs.....	54.
Pics-hoyaux.....	36.
Pics à roc.....	18.
Becs de canne à tête et pics à deux pointes, de chacun.	36.
Hoyaux à deux tranches.....	36.
Pics à feuille de sauge.....	36.
Pelles rondes.....	54.
Pelles quarrées ou louchets.....	36.
Dragues ou pelles recourbées.....	36.
Langues de bœuf.....	18.
Chandeliers de fer.....	40.
Coins de fer de différentes grosseurs.....	60.
Scies à main.....	30.
Brouettes.....	54.

Ces quantités d'outils doivent varier suivant l'espèce de terrain auquel on aura à faire, en sorte que si c'est un terrain sablonneux il faudra plus de pics à feuille de sauge et de langues de bœuf, et point d'outils à roc.

Poudres.

En supposant que l'on fera jouer, pendant la durée du siége, le tiers des fourneaux des dispositions en avant des trois angles saillans, la totalité des fourneaux sous le terre-plein et sous la crête du glacis des chemins couverts, et le quart des fourneaux destinés à escarper les brèches, le tableau suivant pré-

sente le nombre de fougasses et de fourneaux qu'il faut approvisionner ; SAVOIR :

	Fougasses ou camouflets.	Fourneaux de 3,25 m.	Fourneaux de 4,86 m.	Fourneaux de 6,50 m.	Fourneaux de 7,15 m.
Sous les glacis des deux bastions.	32	8	8	8	"
Sous les glacis de la demi-lune.	16	6	6	6	"
Dans le terre-plein du chemin couvert — de la demi-lune.	"	26	"	"	"
Dans le terre-plein du chemin couvert — des 2 bastions.	"	48	"	"	"
Dans le terre-plein des places d'armes rentrantes.....	"	"	"	"	8
Sous les glacis — de la demi-lune.	"	"	"	"	24
Sous les glacis — des 2 bastions.	"	"	"	"	48
Sous les glacis — des 2 places d'armes rentrantes.	"	8	"	4	"
Brèches..... de la demi-lune.	"	8	2	"	"
Brèches..... des 2 bastions.	"	16	4	"	"
TOTAUX.....	48	120	20	18	80

	kilogr.	livres anc.
48 fougasses à 10^{k} l'une.....	480	982
120 fourneaux de 3,25^{m} (10^{pieds}) à 50^{k} (102^{lb} 3$^{onc.}$) l'un, compris les saucissons.....	6000	12266
20 fourneaux de 4,86^{m} (15^{pieds}) à 150^{k} (306^{lb} 10$^{onc.}$) l'un, compris les saucissons....	3000	6133
18 fourneaux de 6,50^{m} (20^{pieds}) à 350^{k} (715^{lb} 8$^{onc.}$) l'un, compris les saucissons....	6300	12880
80 fourneaux de 7,15^{m} (22^{pieds}) à 400^{k} (817^{lb} 12$^{onc.}$) l'un, compris les saucissons...	32000	65420
TOTAL de la poudre....	47780	97681

Cette quantité de poudre destinée aux mines seroit peut-être une des plus fortes objections que l'on pourroit faire contre

contre le système que je propose ; mais il faut observer qu'il ne peut être exécuté en totalité qu'aux places de première importance, où l'on doit supposer un assez grand approvisionnement de poudre pour fournir toute celle destinée aux mines, et des moyens suffisans pour l'abriter.

Sacs à terre.

En supposant 6,50 mètres (20^{pieds}) de longueur moyenne aux différens rameaux que l'on sera dans le cas de bourrer, et 17 décimètres cubes (856$^{pouc.cub.}$) de terre par sac, il faudra, pour bourrer en plein chaque rameau, environ deux cent quatre-vingts sacs à terre, et pour les deux cent trente-huit fourneaux à faire jouer, soixante-six milliers, que l'on peut réduire à cinquante mille, tant à cause de l'espace compris entre les sacs et les pièces de bois pour étrésillonnage, qu'à cause qu'une partie des sacs employés au bourrage des premiers rameaux, servira à ceux des autres, surtout sous les glacis.

Saucissons.

En supposant comme ci-dessus 6,50 mètres (20^{pieds}) de bourrage moyen, il faudra pareillement 6,50 mètres (20^{pieds}) de saucissons de 3 centimètres (1^{pouce}) de diamètre par fourneau, et pour les deux cent trente-huit fourneaux, 1547 mètres (774^{toises}) de saucissons, que l'on trouvera dans 193 mètres (97^{toises}) de toile serrée de 0,79 mètres (2^{pieds}) de largeur, à raison de 8 mètres (4^{toises}) de saucisson par mètre (3^{pieds}) courant de toile.

Bois de chauffage.

On emploie avantageusement des bûches de bois de chauffage dans le bourrage, pour soutenir les sacs à terre ou butter

les châssis entre eux et à l'extrémité du bourrage; on estime qu'un approvisionnement d'environ 46 mètres cubes ($6\frac{1}{7}$ mèt. cub.) de bois suffiroit pour remplir cet objet.

CHAPITRE VIII.

Construction des galeries en bois.

Le temps nécessaire à la construction des galeries et rameaux dépend des moyens dont on pourra disposer : je vais admettre ici,

1.° Que l'on peut disposer de quarante jours depuis l'ouverture des travaux de mines jusqu'à l'arrivée de l'assiégeant au pied des glacis ;

2.° Que la place est abondamment fournie de tous les approvisionnemens nécessaires à ces travaux, et détaillés dans le chapitre précédent ;

3.° Que l'on a sous ses ordres deux compagnies de mineurs au complet de guerre ;

4.° Que la garnison est assez forte pour fournir pendant toute la durée du travail quarante à cinquante hommes de corvée ;

5.° Que la ville ou les corps militaires fourniront les charpentiers pour préparer les châssis, les planches de coffrage, les augets, coffres des poudres, etc. ;

6.° Que les terres provenant des fouilles seront roulées par les hommes employés aux mines jusqu'aux fossés, d'où elles seront enlevées par d'autres détachemens de la garnison, pour être conduites où les ingénieurs désigneront.

Il s'agit de faire voir qu'avec ces données on peut, avant l'arrivée des assiégeans au pied du glacis, être préparé partout pour la défense, et en conséquence se porter en force et réunir tous ses moyens sous les points attaqués.

Ordre du travail.

Les deux compagnies de mineurs, au grand complet de cent hommes par compagnie, donneront quatre-vingts hommes en état de conduire le travail, et cent six pour servir de seconds ; ôtant huit hommes des quatre-vingts pour tenir compte des malades, restera soixante et douze mineurs, que je partage en trois divisions de vingt-quatre hommes, ce qui donnera constamment, en faisant travailler par tiers, huit attaques sur chaque saillant. Chaque division travaillera six heures de suite et sera relevée par la suivante, en sorte que chacune d'elles aura toujours douze heures de suite de repos; et ces douze heures seront les douze heures de nuit une fois sur trois, en commençant le premier jour de travail à six heures du matin, comme on le voit dans le tableau suivant :

Jours.	Depuis six heures du matin jusqu'à midi.	De midi à six heures du soir.	De six heures du soir à minuit.	De minuit à six heures du matin.
1.er	1.ere division.	2.e division.	3.e division.	1.ere division.
2.e	2.e	3.e	1.ere	2.e
3.e	3.e	1.ere	2.e	3.e

Quant aux cent six apprentis mineurs, j'en ôte vingt pour faire les soupes des ordinaires, et quatorze pour tenir

compte des malades : restera encore soixante et douze, que je partage également en trois divisions de vingt-quatre hommes pour servir de seconds aux attaques.

On réglera le nombre d'hommes d'infanterie à demander, en observant que dans les galeries il faut trois hommes, un piocheur, un chargeur et un rouleur, pour 30 mètres (15 toises), et dans les rameaux un homme de plus pour passer les terres du panier jusqu'à la galerie de communication ; en sorte qu'il ne faudra à chaque attaque des galeries qu'un homme d'infanterie par 30 mètres (15 toises) de roulage, et deux hommes à chaque attaque de rameaux.

Les dix sergens seront employés comme il suit : le plus ancien sergent-major, chargé du détail des deux compagnies, veillera au parc pour faire prendre aux hommes de chaque division, allant au travail, les choses dont ils y auront besoin ; les neuf autres sergens se partageront en trois divisions de trois hommes chacune, dont une à chaque attaque, et par conséquent un sergent à chacune de ces attaques. On placera le parc le plus à portée qu'il sera possible des travaux ; et ce sera dans les souterrains aux gorges des bastions, lorsque le terrain permettra la communication sous le fossé.

L'officier commandant les deux compagnies réglera tous les jours les travaux des vingt-quatre attaques ; les autres officiers se partageront le travail de manière qu'il y en ait toujours un pour commander le tout.

L'expérience a prouvé journellement, au poligone de Verdun, où les galeries de 1 mètre (3 pieds) sur 2 mètres (6 pieds) étoient coffrées en plein et avec beaucoup de soin, que chaque brigade posoit un châssis à la distance de 1 mètre (3 pieds) dans neuf heures de travail non forcé : d'où il suit

que, dans des galeries de mêmes dimensions où l'on pourra se dispenser de coffrer en plein les côtés et où le travail sera plus suivi, chaque attaque posera son châssis dans six heures de travail, c'est-à-dire avant d'être relevée; ce qui fera 4 mètres (2^{toises}) dans vingt-quatre heures.

Les demi-galeries de 1 mètre (3^{pieds}) sur 1,30 mètres (4^{pieds}) étant les deux tiers des grandes galeries, et les châssis pouvant être espacés de 1,30 mètres (4^{toises}), chaque attaque en fera dans vingt-quatre heures au moins 6 mètres (3^{toises}) courans.

Enfin les rameaux étant moindres que la moitié des demi-galeries, chaque attaque en fera aisément 12 mètres (6^{toises}) dans vingt-quatre heures.

Au moyen de cet ordre de travail on peut exécuter, sous le front soumis aux ricochets, toutes les galeries et rameaux dans trente journées de travail continu.

En effet, les 1552 mètres (776^{toises}) de demi-galeries seront terminés par les vingt-quatre brigades dans onze journées au plus, à raison de 144 mètres (72^{toises}) par journée; et les 2722 mètres (1361^{toises}) courans de rameaux seront faits dans neuf journées et demie par les vingt-quatre brigades, à raison de 288 mètres (144^{toises}) courans par journée: ce qui donnera pour tout l'ouvrage vingt journées, à quoi il convient d'ajouter moitié en sus pour tenir compte des retards occasionés, soit par la nature du terrain, soit par les autres accidens inséparables de ces ouvrages, et alors on aura environ trente journées pour terminer le tout, et il en restera par conséquent dix pour les ragréages et autres préparatifs intérieurs.

Les détails dans lesquels on vient d'entrer suffiront pour

régler la conduite que l'on doit tenir dans les différentes circonstances où l'on pourra se trouver, relativement au temps et aux moyens dont on pourra disposer pour l'exécution des ouvrages, qui doivent toujours être projetés d'après ce temps et ces moyens.

Par exemple, si avec le même nombre d'hommes on ne peut disposer que de la moitié du temps, ou si avec le même temps on ne peut employer que la moitié du nombre d'hommes, il est clair qu'on ne pourra entreprendre que la moitié des ouvrages, et que, si le temps et les hommes diminuent dans un plus grand rapport, il faudra diminuer de même les ouvrages à entreprendre.

Les retranchemens à faire dans l'exécution des ouvrages détaillés précédemment, doivent porter d'abord sur les dispositions sous les capitales des glacis, ensuite sur les fourneaux dans l'intérieur du chemin couvert, réservant toujours les gros fourneaux sous la crête des glacis pour opposer des obstacles à la confection des batteries de brèche et de contrescarpe ou d'épaule.

Je suppose toujours que les galeries lavées en noir sont faites à l'avance, car dans le cas contraire il faudroit beaucoup plus de temps et de moyens pour mettre le front proposé en état d'une défense quelconque ; et c'est ici le moment de faire quelques observations sur le peu d'avantage que l'on a tiré jusqu'à présent des mines défensives, quoiqu'il soit bien reconnu que c'est un des meilleurs moyens à employer pour la défense des places.

L'usage est de jeter dans une place menacée, ou à la veille d'être investie, un détachement de vingt ou trente mineurs, qui y arrivent sans avoir aucune connoissance du

front qui doit être attaqué, ni de l'état de ses anciennes galeries, s'il y en a, et sans aucun approvisionnement de bois, planches, etc.; en sorte que la place est investie et la tranchée ouverte avant que l'officier de mineurs ait pris les renseignemens qui lui sont nécessaires et préparé quelques matériaux : de là il suit qu'il est forcé de réduire ses moyens de défense à l'établissement de quelques fourneaux sous les capitales, et de s'estimer heureux s'il peut les faire jouer avec succès. On ne doit donc pas s'étonner du peu d'effet qu'ont produit les mines dans la défense des places ; et il en sera encore de même jusqu'au moment où l'on donnera plus d'attention à ce genre de défense, qui ne consiste pas dans l'établissement de quelques misérables fourneaux sous les glacis, et souvent même sans galerie de contrescarpe pour assurer le mineur, mais dans l'ensemble d'un système raisonné d'après la marche présumée que doit suivre l'assiégeant, et préparé avant son arrivée au pied des glacis.

Pour tirer des mines défensives tout le parti que l'on est en droit d'en attendre, il seroit à désirer que le Gouvernement se décidât à faire, pendant la paix, les dépenses nécessaires pour adapter aux fronts de fortifications susceptibles d'être défendus par les mines, les galeries de contrescarpe et autres que l'on croiroit nécessaires au débouchement des rameaux; car sans cela il ne faudra jamais s'attendre à de grands services de la part des mines.

Il seroit également à désirer que l'on donnât aux officiers dévoués particulièrement à l'étude de l'art des mines, connoissance de l'état actuel de celles de nos places où il se trouve quelques galeries, afin qu'ils pussent travailler à en tirer parti. On objectera peut-être qu'il seroit dangereux de confier à tant

de personnes des connoissances qu'il importe de laisser ignorées; mais cette crainte seroit-elle bien fondée si on ne confioit ces objets qu'aux officiers assez avancés en âge pour que l'on puisse compter sur leur discrétion et leur conduite? Et en supposant même qu'il soit possible que quelques individus puissent abuser de la confiance que l'on auroit en eux, pour communiquer leurs lumières à l'étranger, il vaudroit peut-être mieux que celui-ci fût instruit de l'état d'une place, que d'envoyer pour la défendre des officiers qui n'en ont aucune connoissance, et qui souvent y arrivent sans avoir le temps nécessaire pour en acquérir.

CHAPITRE IX.

Conduite du mineur assiégé pendant la durée du siége.

Je supposerai, dans ce chapitre, qu'avant l'arrivée de l'assiégeant à portée de la première disposition sous la capitale de la demi-lune, toutes les constructions des galeries et rameaux seront finies; que les terres destinées au bourrage d'environ moitié des fourneaux, et déposées dans les galeries d'entrepôt, seront mises en partie dans des sacs à terre rangés le long des galeries les plus à portée des rameaux; que les boîtes, augets, bois de corde et généralement tout ce qui peut servir au bourrage, remplaceront les terres dans les mêmes galeries d'entrepôt, et que les poudres et saucissons seront également à portée de leurs fourneaux; qu'enfin l'officier commandant

mandant les mineurs aura établi des repères, soit sur le rempart, soit dans quelques maisons voisines, pour reconnoître la position des têtes de sape de l'assiégeant.

Quant à l'ordre à établir pour le service des mineurs pendant la durée du siége, on pense que tant que l'ennemi sera occupé à parcourir les glacis, il suffira d'avoir à chaque attaque les huit mineurs et les huit apprentis, avec quatre hommes de corvée, lesquels seront renforcés au besoin par un détachement de douze hommes, qui se tiendront aux arrondissemens des contrescarpes pour se porter où besoin sera; mais lorsque l'assiégeant arrivera au chemin couvert, alors il faudra qu'environ moitié des deux compagnies soit constamment au travail jusqu'au moment où l'on abandonnera les contrescarpes.

Toutes ces dispositions étant faites, et l'assiégeant parvenu à 4 ou 6 mètres (2 ou 3^{toises}) des premiers fourneaux sous le saillant de la demi-lune, on en chargera et bourrera un ou deux, suivant que la sape sera dirigée perpendiculairement ou obliquement à la ligne des premiers fourneaux, et pendant tout ce temps il y aura du monde au fond des galeries d'écoutes basses pour surveiller le mineur ennemi. On se conduira pour l'exécution de ces premiers fourneaux, pour celle des chicanes à susciter à l'ennemi après la première explosion, et pour le jeu des autres étages, ainsi qu'il a été détaillé dans le cinquième chapitre.

Cette première disposition ayant rempli son objet, on laissera du monde aux écoutes dans les branches des galeries *a b*, pour préparer vers la case *a* des petits fourneaux prêts à la détruire si le mineur assiégeant pénètre dans ces galeries.

En même temps on se portera aux secondes dispositions sous la demi-lune et les bastions, que l'on exécutera comme la première, observant de tenir toujours, dans les galeries sous les capitales saillantes, des hommes prêts à les détruire dans le cas où la marche de l'assiégeant obligeroit à faire jouer des fourneaux trop éloignés de ces galeries pour les atteindre.

Fig. 34. J'ai déjà dit que si l'assiégeant tente de se loger dans le terre-plein du chemin couvert, il ne lui faudra que six à sept heures de temps pour renverser la contrescarpe et sa galerie; de là il suit que l'assiégé doit être très-attentif aux mouvemens de l'assiégeant, lorsqu'il attaquera le chemin couvert: pour ne pas être au dépourvu, il doit, aussitôt que l'assiégeant sera prêt à terminer sa quatrième parallèle, charger tous les fourneaux x dans le terre-plein du chemin couvert, et bourrer les branches de rameaux jusqu'en r, ce qui doit être fait dans douze heures de temps; et dans cet état de choses il attendra le mouvement de l'ennemi.

S'il descend dans le terre-plein pour s'y loger, il faudra, au premier coup de pioche qu'il y donnera, que l'assiégé pose les boîtes et se tienne prêt à donner le feu aux fourneaux x; en même temps on se portera aux gros fourneaux y pour les charger et bourrer de suite jusqu'aux demi-galeries de communication.

On exécutera d'abord les fourneaux sous les traverses, ensuite ceux des tiges x correspondantes aux attaques du mineur assiégeant, que l'on pourra entendre en se tenant dans les communications sr; c'est-à-dire que la marche de l'assiégeant doit régler la conduite de l'assiégé dans l'explosion des fourneaux sous le terre-plein; mais je répète encore une fois

qu'il faut être très-attentif à ses mouvemens, et qu'il vaudroit mieux faire jouer tous les fourneaux, quand bien même l'assiégeant n'occuperoit que quelques points, que de s'exposer au renversement de la contrescarpe en voulant les ménager pour le moment où l'on croiroit l'ennemi dessus; parce qu'en attendant le moment une des attaques du mineur assiégeant, placée entre deux galeries $s\,r$, pourroit ne pas être entendue ou mal jugée. Aussitôt que les fourneaux x auront joué, le mineur assiégé débouchera de toutes les amorces de rameaux de la galerie de contrescarpe, situées entre les communications $s\,r$, pour pousser en avant des rameaux de 4 à 5 mètres (12 à 15^{pieds}) et en couronner les entonnoirs x, ce qui peut être fait dans dix heures de temps; mais attendu que, si le mineur assiégeant sait son métier, comme on doit le supposer, il n'aura pas besoin d'autant de terres pour crever la galerie de contrescarpe par des globes de compression établis au fond des entonnoirs x, on conçoit qu'il sera toujours très-prudent de tenir prêts les gros fourneaux M, pour pouvoir les faire jouer quelques heures après les fourneaux x, à moins que l'on ne puisse bien compter sur la défense extérieure pour retarder les travaux du mineur ennemi dans les premiers entonnoirs.

Si l'assiégeant ne se loge pas dans le terre-plein du chemin couvert et qu'il se contente de couronner la crête des glacis, alors le danger pour la galerie de contrescarpe ne sera pas aussi grand, parce que n'étant pas à supposer qu'il veuille faire jouer des globes de compression sous les emplacemens destinés à ses batteries, il ne pourroit les établir que vis-à-vis les traverses, c'est-à-dire sur quatre points de chaque saillant, qu'il seroit plus facile de surveiller. D'ailleurs il lui

faudroit à cette distance des puits de 4 à 5 mètres (12 à 15 pieds) de profondeur, ce qui exigeroit huit à neuf heures de temps pour qu'il soit en état de faire jouer; en sorte que l'on seroit toujours à même alors de charger et bourrer la tige correspondante des gros fourneaux *M*, et de le prévenir par son explosion.

Au surplus il sera toujours plus prudent dans tous les cas de s'occuper, comme on vient de le dire, de la charge et du bourrage des trois tiges de gros fourneaux, aussitôt que l'ennemi commencera son logement sur la crête, pour les faire jouer sept à huit heures après, de manière que, au retour du jour qui suivra l'attaque, l'entonnoir continu sur toute la longueur de la branche soit exécuté; et sitôt après l'explosion les mineurs assiégés déboucheront de toutes les extrémités *r* pour pousser en avant des rameaux de 5 à 6 mètres (15 à 18 pieds) et couronner de ce côté les bords de ce vaste entonnoir, ce qui peut être fait dans douze heures de temps: mais pour assurer ce nouveau travail contre les entreprises du mineur assiégeant dans les grands entonnoirs, il faut, ainsi que je l'ai déjà dit, pour l'hypothèse du logement dans le terre-plein, qu'il soit secondé par la défense extérieure, c'est-à-dire, par l'artillerie de la place, et cela de manière à ce que l'assiégeant ne puisse tenir dans les entonnoirs pendant le temps qui sera nécessaire au mineur assiégé pour faire ses nouvelles dispositions. C'est ici le moment de donner mon avis sur le choix de l'emplacement et la force des batteries destinées à rendre l'entonnoir inabordable.

Fig. 32. Ces batteries doivent être composées de mortiers et d'obusiers, parce qu'alors on n'aura à s'occuper que de la direction, et que la différence dans les portées n'empêchera pas

les bombes ou obus de tomber sur quelque point de l'entonnoir : en conséquence je propose, 1.° pour la défense de chaque entonnoir des branches 2,3 du chemin couvert sur les flancs de l'attaque, une batterie *a a* de deux mortiers et trois obusiers, placés, ainsi qu'on le voit dans la demi-lune collatérale 8, sur les prolongemens des parapets du chemin couvert;

2.° Pour les entonnoirs des branches du chemin couvert de la demi-lune attaquée, des batteries *b b* de même force que les précédentes et situées également dans les demi-lunes collatérales près des gorges, et dont les bombes et obus passeront au-dessus des bastions; plus deux pièces de canon sur affuts de siége, de huit ou de douze, *d d*, dans les terre-pleins des bastions;

3.° Pour défendre les branches 2,4 du chemin couvert des faces des bastions sur l'attaque, des batteries *c c* de cinq mortiers, placées aux gorges des bastions, comme on le voit au bastion *I;* et attendu que ces dernières batteries ne pourront pas enfiler directement les entonnoirs, on les renforcera par des batteries *e e*, de quatre pièces de huit ou de douze de campagne, établies sur les prolongemens des grandes branches du chemin couvert, et que l'on retirera à volonté lorsque le feu de l'assiégeant y contraindra. A l'exception des pièces de canon, toutes les autres seront à demeure appuyées à des traverses, les obusiers montés sur affuts de mortiers, et les plate-formes disposées de manière que toutes les pièces puissent tirer sous des angles peu élevés et depuis quatre à huit degrés. On ne doit pas craindre que les batteries *b b*, destinées contre les entonnoirs des branches de la demi-lune, puissent incommoder le service intérieur des bastions, puis-

que, sous l'angle d'environ sept degrés, les bombes et obus passeront à 20 ou 22 mètres (10 ou 11^mètres) au-dessus des terre-pleins; en sorte que l'on pourroit diminuer encore l'ouverture de l'angle de projection des batteries pour tâcher d'obtenir des petits ricochets dans les entonnoirs.

Chaque pièce pouvant tirer aisément huit coups par heure, on aura dans chaque entonnoir, sans comprendre les pièces de canon, quarante obus ou bombes par heure : et en supposant qu'un quart n'y porte pas, il en restera encore trente, ou une par deux minutes; ce qui produira autant de petites fougasses, attendu que les terres nouvellement remuées seront aisément pénétrées par les bombes.

Avec ces précautions et moyens de défense que l'on peut encore augmenter par quelques petits détachemens de fusiliers choisis, placés de manière à voir les entonnoirs, on doit espérer que le mineur assiégeant, inquiété sans cesse dans son travail pour l'établissement de ses fourneaux dans les entonnoirs, sera prévenu par le mineur assiégé qui, dans dix à douze heures de temps au plus, doit être en état de culbuter de nouveau les ouvrages extérieurs et souterrains de l'ennemi : de manière que s'il sait faire un bon emploi de ses camouflets, qu'il peut multiplier sur le bord de l'entonnoir, et qu'en même temps il soit secondé par les batteries lorsqu'il poussera de nouvelles branches de rameaux, on pourra tenir l'ennemi dans cette situation jusqu'à ce qu'il soit parvenu à éteindre le feu des batteries et à épuiser les ressources des mineurs ; ce qui peut durer long-temps, sans qu'il puisse espérer de pouvoir établir ses batteries de brèche avant d'avoir renversé la contrescarpe et tout ce qui sera entre elle et les entonnoirs.

On doit observer que la défense souterraine de l'intérieur des places d'armes rentrantes, et celle de leurs saillans sont indépendantes de ce qui se passera sous les grandes branches du chemin couvert, et que l'on pourra exécuter les dispositions de mines qui s'y trouvent, quand même l'ennemi auroit renversé la contrescarpe vis-à-vis les batteries de brèche, au moyen des galeries de communication sous les fossés, qui permettront toujours à l'assiégé de se tenir sous ces places d'armes.

Lorsque l'assiégeant aura surmonté tous les obstacles et que l'assiégé sera forcé d'abandonner sa galerie de contrescarpe, il détruira, en se retirant, les galeries de communication sous les fossés, et il ira préparer les fourneaux au pied des brèches, pour déblayer les décombres, et ceux destinés à détruire le logement de l'assiégeant sur les parapets de la demi-lune et des bastions, si la défense de la garnison est assez opiniâtre pour le forcer à suivre cette marche.

Il nous reste à examiner si l'assiégé aura les moyens nécessaires pour l'exécution de tout ce que nous venons de détailler relativement à la défense du chemin couvert. Il faut se rappeler que l'on peut disposer de huit sergens et cent quarante-quatre mineurs, ainsi que d'un détachement de la garnison, et que dans ce moment tout le monde doit être à l'ouvrage, attendu qu'il n'est question que d'un travail forcé pendant quelques heures.

Lorsque l'assiégeant sera prêt de terminer sa quatrième parallèle, il faudra dix hommes pour charger et bourrer deux tiges des fourneaux x sous le terre-plein du chemin couvert, dans douze heures de temps au plus, à raison de six heures par tige; et les trois attaques contenant ensemble

trente-six tiges, il faudra cent quatre-vingts hommes pour cette opération, savoir huit sergens, cinquante premiers mineurs, soixante et douze seconds et cinquante hommes de corvée. Lorsque ces fourneaux seront préparés, on laissera huit hommes sur chaque attaque pour donner le feu aux différentes tiges lorsqu'il le faudra, ce qui fera vingt-quatre hommes sur les trois attaques : et aussitôt que l'assiégeant s'établira dans le terre-plein du chemin couvert, les cent cinquante-six hommes restans, augmentés des vingt-deux premiers mineurs non employés précédemment, et d'un renfort de trente-huit hommes de corvée, faisant en tout deux cent seize hommes, se porteront aux gros fourneaux *Y* pour les charger et bourrer, en se partageant en trois détachemens de soixante et douze hommes chacun sous chaque saillant, ou trente-six hommes sous chaque branche ; ce qui donnera douze hommes pour chacune des trois tiges.

Cet ordre de travail, qui n'est que momentané, doit avoir lieu, soit que l'assiégeant se loge dans le terre-plein, soit qu'il couronne la crête des glacis, afin d'être en état dans tous les cas de prévenir le mineur assiégeant, et pouvoir exécuter malgré lui les gros fourneaux *Y*.

Il suit de ce qui précède qu'avec les deux compagnies de mineurs et le secours de cent hommes au plus de la garnison, on peut préparer promptement le jeu de tous les fourneaux qui doivent jouer au moment de l'attaque du chemin couvert; et attendu que ce moment sera le plus pressé de tout le siége, on doit conclure que l'assiégé aura les moyens nécessaires pour l'exécution de tous les fourneaux projetés.

CHAPITRE

CHAPITRE X.

Résumé des objets principaux contenus dans ce Mémoire.

J'ai tâché de prouver, 1.° que l'attaque d'un front soumis aux ricochets pouvant être très-différente de celle d'un autre qui n'a pas cet inconvénient, le tracé et l'exécution des mines ne doivent pas être les mêmes dans les deux cas;

2.° Que dans ces deux cas, l'assiégeant pouvant arriver à la place sous la protection de trois ou de quatre parallèles, dont les positions peuvent varier beaucoup, les dispositions de mines que l'on pourroit faire pour s'opposer à l'établissement de la troisième ou quatrième parallèle, devroient embrasser une étendue qui ne peut avoir d'autres limites que la plus grande distance de la troisième parallèle et la plus petite distance de la quatrième, aux saillans de la place; j'ai cherché à les déterminer (page 170).

3.° Qu'à l'attaque d'un front soumis aux ricochets, l'assiégeant peut aisément se rendre maître du chemin couvert, établir son logement dans l'intérieur, le long des grandes branches et aux arrondissemens des contrescarpes, pour y multiplier les attaques de ses mineurs contre la galerie de contrescarpe, et rendre inutiles, par sa destruction, toutes les dispositions de mines faites sous les glacis; qu'en conséquence il falloit pourvoir aux moyens d'arrêter le travail du mineur assiégeant, après la prise du chemin couvert;

4.° Qu'à l'attaque d'un front non soumis aux ricochets,

l'assiégé peut s'opposer à l'établissement de vive force de l'assiégeant le long des branches du chemin couvert, et le forcer aux longueurs de la guerre souterraine, en l'obligeant de faire le couronnement pied à pied; qu'en conséquence les dispositions de mines à faire dans ce cas, doivent avoir pour objet les moyens de détruire les travaux extérieurs et souterrains de l'assiégeant;

5.° Que pour tirer d'une disposition de mines tout l'avantage que l'on doit en attendre, il faut que la position des demi-galeries et rameaux soit ignorée de l'assiégeant; d'où il suit que le tracé d'un système quelconque de mines défensives doit être divisé en deux parties, l'une susceptible d'être exécutée en tout temps, et l'autre qui ne doit l'être que pendant la guerre, ou quelques mois avant le siége.

Tels sont les principes qui m'ont guidé dans le tracé du système que je propose. Il est établi d'après l'état de nos connoissances actuelles dans cette partie de la défense des places : mais il sera susceptible de beaucoup d'améliorations lorsqu'on aura constaté par de bonnes expériences, répétées dans différens terrains, jusqu'à quelle distance l'on peut rapprocher les uns des autres des fourneaux situés dans différens plans, et destinés à ne produire d'autre effet que des entonnoirs d'un diamètre double de la ligne de moindre résistance; et lorsque l'on connoîtra aussi quel est le maximum de l'effet des globes de compression, ou fourneaux surchargés, à différentes profondeurs, contre des galeries situées dans différens plans par rapport au fourneau surchargé, et qui présenteroient à son action ou leur pointe ou leur flanc.

J'ai cherché à présenter, dans cette troisième partie, tout ce qui peut être relatif à une défense souterraine régulière et

adaptée à l'attaque préjugée d'un front. Je conviens qu'un pareil système exigeroit pour son exécution bien des moyens préparés à l'avance, et beaucoup de vigilance et d'activité pour la construction des ouvrages à faire avant l'époque du siége, ainsi que pour l'exécution des différentes dispositions de fourneaux pendant la durée de l'attaque, surtout au moment de celle du chemin couvert, qui sera toujours l'instant critique pour la défense souterraine lorsqu'on aura à faire à un assaillant intelligent, et que l'on n'aura aucun moyen prêt pour s'opposer au travail de son mineur dans le terre-plein; mais il n'en est pas moins vrai qu'il seroit d'une très-grande utilité pour la défense de la place, et qu'étant bien exécuté il pourroit augmenter au moins de moitié la durée de sa résistance: le tout dépend donc du Gouvernement, et de l'intérêt plus ou moins grand qu'il peut prendre à la conservation de telle ou telle place.

Il est bien certain qu'un pareil établissement ne pourroit convenir qu'aux places de première importance, soit par leur position, soit par leur étendue, et dont quelques fronts propres aux mines auroient besoin de cet accroissement de moyens pour remédier à leur foiblesse: tel seroit, par exemple, l'ouvrage à corne de la citadelle de Metz, si le terrain étoit un peu plus traitable; et malgré cet obstacle on pourroit augmenter pendant la paix les moyens de résistance de cet ouvrage, en établissant sous les glacis et vis-à-vis les emplacemens des batteries de brèche et des contre-batteries, des dispositions de gros fourneaux d'environ 8 mètres (4^{toises}) de ligne de moindre résistance, auxquels on communiqueroit par des galeries passant sous les fossés et aboutissant à la demi-lune et aux demi-bastions. Ces galeries et rameaux se feroient à ciel ou-

vert et seroient entièrement construits en maçonnerie; ce qui suffiroit pour retarder long-temps la prise de l'ouvrage, qui dans l'état où il est ne peut pas faire beaucoup de résistance, vu son peu de relief.

Je ne tiens pas à mes idées sur le tracé de ce système; on peut y faire tous les changemens que l'on jugera à propos: je désire seulement que l'on ne s'écarte pas des principes qui ont servi de base à ce tracé, et surtout qu'on ne perde jamais de vue la défense du terre-plein du chemin couvert, lorsque le front sera soumis aux ricochets, et les dangers de l'action des globes de compression.

Digitized by Google

TRAITÉ

DE LA

FORTIFICATION SOUTERRAINE.

QUATRIÈME PARTIE.

Attaque des systèmes de mines défensives, à enveloppes et écoutes, et de leurs galeries de contrescarpe.

Avant les expériences faites par Belidor en 1732 et 1733, les mineurs n'avoient aucune idée des effets que peut produire une mine surchargée extraordinairement, contre les terrains environnans; tout l'art de celui qui attaquoit se réduisoit aux deux moyens suivans:

1.° A fouiller l'entonnoir d'une mine pour tâcher de pénétrer par le bourrage du rameau dans la galerie ennemie, s'emparer de quelques parties, ou l'empoisonner en y brûlant des poudres;

2.° A ouvrir des puits dans la troisième parallèle, ou dans quelques boyaux plus rapprochés de la place, d'où il débouchoit pour pousser des rameaux au hasard, suivant différentes directions, dans l'intention de découvrir ceux de l'as-

siégé, ou de le prévenir dans son travail, écoutant souvent s'il n'entendroit pas le mineur ennemi, et se hâtant, lorsque cela arrivoit, de charger et faire sauter sans s'inquiéter de l'effet qui en résulteroit au-dessus; de son côté l'assiégé, qui n'avoit presque jamais de plan fixe ni préparé pour la défense, erroit aussi à l'aventure pour tâcher d'arriver sous les sapes de l'assiégeant, écoutant pareillement dans la crainte d'être surpris, et se conduisant, par rapport au mineur assiégeant, comme celui-ci par rapport à lui.

De là résultoit une guerre souterraine qui n'avoit d'autre plan que celui amené par la circonstance du moment, mais qui consommoit néanmoins bien du temps et des mineurs, et dans laquelle l'assiégé avoit au moins sur l'assiégeant l'avantage que lui donnoient ses galeries pour se porter plus aisément sur lui.

Le siége de Berg-op-zoom, en 1747, est une preuve de ce que j'avance. Les François y ont fait jouer trente-cinq mines, la plupart à deux fourneaux, et les ennemis trente-deux; je trouve même une note d'un ancien officier de mineurs qui compte soixante-huit fourneaux françois et soixante-six de l'ennemi, ce qui suppose presque toutes les mines doubles: de toutes ces mines il n'y en a eu que quatre sous les glacis, tout le reste a été exécuté après le couronnement des saillans. Notre but étoit de renverser la contrescarpe et sa galerie, pour assurer nos batteries de brèche; mais pour remplir ce but, qui n'exigeoit que quelques fourneaux, il a fallu en employer vingt ou vingt-cinq contre le mineur ennemi, qui, de son côté, a fait la même consommation contre le nôtre: et dans la relation du siége il n'est pas rare de voir nos mineurs et ceux de l'ennemi faire jouer, presqu'en même temps, des

mines l'une à côté de l'autre, sans faire de mal à personne ni au-dessus ni au-dessous, et cela par suite de la précipitation qu'ils mettoient à faire jouer aussitôt qu'ils entendoient leur ennemi; et cette guerre souterraine n'a pas laissé que de contribuer pour beaucoup à nous tenir pendant près de quarante jours sur la crête des glacis de la place, avant que de pouvoir la battre en brèche.

Les détails de ce siége et de tous les autres où l'on a employé les mines, prouvent sans réplique que l'assiégeant doit éviter, à quel prix que ce soit, de s'engager dans ces malheureuses guerres souterraines, qu'il ne termine jamais qu'après une perte considérable d'hommes, de temps et de munitions. Mais comment les éviter ou du moins les abréger? je n'y connois pas de meilleurs moyens que les fourneaux surchargés et l'attaque de vive force des longues galeries et du chemin couvert, ainsi que je l'ai dit dans la troisième partie. Examinons donc comment on doit employer les fourneaux surchargés. Il ne faut pas croire que, lorsque la place est défendue par un mineur intelligent, il soit facile à l'assiégeant d'arriver avec sa galerie au point qu'il projette pour y établir ses fourneaux, à travers les rameaux de l'ennemi; l'expérience du siége de Schweidnitz en 1762, dont je vais rendre compte, prouve que la chose n'est pas toujours aussi facile que Belidor nous le dit.

Les détails de ce siége, relativement aux mines, nous intéressent sous deux rapports : ils nous font connoître combien il est difficile à l'assiégeant de cheminer en galerie lorsqu'une fois il s'est montré à l'assiégé; et que les rameaux de celui-ci seront infiniment moins en prise aux effets des globes de compression s'ils leur présentent leurs pointes qu'en pré-

sentant leurs flancs, ainsi que je l'ai avancé dans la troisième partie.

J'ai sous les yeux les deux relations de l'assiégé et de l'assiégeant : elles s'accordent sur le compte que je vais rendre; ainsi on peut y ajouter foi. On sait que Lefèbre, ingénieur prussien, étoit chargé de l'attaque, et que Gribeauval défendoit la place.

Le premier globe que Lefèbre fit jouer, la nuit du 1.er au 2 septembre, fut placé à environ 48 mètres (24toises) du saillant du chemin couvert, et à 4,86 mètres (15pieds) de ligne de moindre résistance : il étoit chargé de 2451 kilogrammes (5005lb) de poudre, et forma un entonnoir d'environ 26 mètres (13toises) de diamètre; mais il ne fit aucun mal aux galeries de l'assiégé, dont les plus avancées en étoient encore éloignées de 22 mètres (11toises).

Le mineur assiégeant déboucha de cet entonnoir pour se porter en avant, et il ne fut troublé dans son travail que lorsque sa galerie eut 17,53 mètres (53pieds) : alors l'assiégé, qui s'étoit porté de plusieurs côtés vers l'entonnoir, détruisit presque entièrement la nouvelle galerie, la nuit du 10 au 11 Septembre, par un fourneau ordinaire, dont l'effet se porta totalement dans cette galerie que l'assiégeant abandonna, et fit à côté un autre débouché où il poussa une nouvelle galerie d'environ 10,40 mètres (32pieds), qu'il ne put continuer à cause qu'il tomba dans les terres infectées par le fourneau de l'assiégé; ce qui l'obligea à faire jouer, le 16 Septembre, son second globe à environ 5,85 mètres (18pieds) de ligne de moindre résistance. Il fut chargé de 1176,47 kilogrammes (2403lb), et produisit un entonnoir de 19,48 mètres (59pieds) de diamètre, dont le bord se trouva à environ 18 mètres (9toises)

(9^toises) de la palissade. L'assiégé convient que l'effet de cette mine ébranla les terres d'un bout de rameau fort près du foyer : mais la preuve sans réplique que cet effet ne se porta pas bien loin, c'est que l'assiégeant ayant attaché le mineur sur plusieurs points du nouvel entonnoir, le lendemain 17 une de ces attaques, qui avoit à peine parcouru 2 mètres (1^toise), fut culbutée par un camouflet que l'assiégé répéta les 18, 19, 20 et 22, tantôt d'un côté et tantôt de l'autre; de manière que jusqu'au 24 l'assiégeant n'avoit pu pousser qu'une galerie de 7 mètres (21^pieds), qui même étoit encore exposée aux attaques de l'assiégé qu'on entendoit de très-près, ce qui décida à faire jouer un troisième globe, le 24 Septembre, chargé de 1764,70 kilogrammes (2530^lb), à environ 6,50 mètres (20^pieds) de ligne de moindre résistance. Il produisit un entonnoir de 20 mètres (10^toises) de diamètre, dont le bord se trouva à 3,25 mètres (10^pieds) de la palissade.

L'assiégé convient que quelques parties de ses rameaux, éloignées d'environ 4,50 mètres (14^pieds) du foyer, furent ruinées; mais la preuve que l'effet ne s'étendit pas encore bien au loin, c'est que l'on voit l'assiégé donner un camouflet la nuit du 26 au 27, bouleverser une nouvelle galerie de l'assiégeant qui n'étoit encore qu'à 3,57 mètres (11^pieds) du troisième entonnoir, et dans la même nuit faire jouer une mine sur le flanc du deuxième entonnoir, qui combla sa communication au troisième : alors l'assiégeant, voyant son troisième entonnoir déjà couronné par les rameaux de l'assiégé, se décida à faire déboucher son mineur du deuxième entonnoir pour passer dessous le troisième, gagner par ce moyen tout-à-fait le dessous des galeries ennemies, et se porter sous la

palissade ; à quoi il réussit après douze journées de siége, de travail, et au moyen d'une galerie de 32 mètres (16^{toises}) de longueur, au fond de laquelle il fit jouer, le 9 Octobre, un globe chargé de 2451 kilogrammes (4902^{lb}), qui renversa la contrescarpe, et dont les terres de l'excavation remplirent le fossé de manière à fournir une rampe aisée pour l'assaut. Mais pour arriver à ce but, il a fallu trente-neuf jours à l'assiégeant, à compter de l'explosion de son premier globe, et ce temps auroit pu être encore prolongé de beaucoup, si le mineur assiégé avoit pu se résoudre au sacrifice qu'il falloit faire d'une partie de ses galeries pour détruire celle de l'ennemi, lorsqu'il l'entendit passer sous lui.

Tel est le précis des principaux événemens de la guerre souterraine de ce siége : j'en tire les conséquences suivantes : 1.° qu'il n'est pas aussi facile que Belidor a bien voulu nous le dire, d'aller établir un globe de compression à travers les galeries d'un assiégé intelligent et qui ne dort pas toujours ; 2.° que si le premier globe manque son effet, ou ne détruit que les bouts des rameaux ennemis les plus avancés, le mineur assiégeant sera entraîné malgré lui dans les longueurs de la guerre souterraine, s'il veut profiter de son premier entonnoir pour se porter plus avant, parce que ce premier fourneau l'ayant signalé à l'assiégé, tous les mineurs de celui-ci dirigeront dessus leurs rameaux et l'auront couronné de très-près long-temps avant que l'assiégeant ait pu pousser quelques bouts de rameaux ou galeries nouvelles ; c'est ce que l'on peut prouver jusqu'à l'évidence.

Pour cela supposons un globe de 4,86 mètres (15^{pieds}) de ligne de M. R., ayant porté son effet au quadruple de cette ligne, c'est-à-dire, à environ 20 mètres (10^{toises}) : d'après la théo-

rie de Belidor, le rayon du grand cercle de l'entonnoir sera de 19 mètres (57 pieds), et la circonférence ne sera par conséquent éloignée que d'un mètre au plus de l'aplomb des rameaux ennemis conservés, puisque la destruction a dû cesser à 20 mètres (10 toises). Pour que l'assiégeant puisse tirer parti de cet entonnoir, il faut qu'il le couronne de gabions et qu'il y pratique une large banquette du côté de la place pour en faire un logement; ce sera dans le talus de cette banquette que le mineur assiégeant fera son entrée de galerie: il ne pourra même la faire ailleurs, parce que l'entonnoir ayant été en partie vidé pour remplir les gabions et former la banquette, la nouvelle galerie deviendroit l'égout inévitable de tous les feux de la place si on établissoit son entrée vers le centre. De là il suit que cette entrée de galerie sera à 4 ou 5 mètres (12 ou 15 pieds) au plus de la circonférence supérieure de l'entonnoir, et par conséquent à environ 6 mètres (3 toises) de l'aplomb des bouts de rameaux conservés; en sorte que l'assiégé, qui peut commencer son travail l'instant après l'explosion du globe, et à qui il ne faut que quinze heures au plus pour fouiller 6 mètres, arrivera nécessairement sous l'entonnoir avant même qu'il ne soit entièrement converti en logement, ainsi qu'il est arrivé à Schweidnitz lors de l'explosion du second globe.

Il me semble donc démontré par l'expérience et le raisonnement que si des galeries de mines défensives ont en avant d'elles et sur leurs flancs des rameaux de 14 à 16 mètres (7 à 8 toises) de longueur, leur destruction par des globes établis entre elles ne peut avoir lieu qu'après avoir essuyé toutes les longueurs de la guerre souterraine, à moins que l'assiégeant n'ait assez de monde et de moyens pour multi-

plier ses attaques au point de contraindre l'assiégé à ne pouvoir se défendre partout.

On peut donc regarder cette manière d'opérer comme vicieuse; d'où il suit qu'il faut chercher quelqu'autre moyen: je n'en connois point de meilleur contre les systèmes de mines proposés jusqu'à présent, que celui de faire les dispositions et sacrifices nécessaires pour se rendre maître des écoutes et enveloppes dont la plupart de ces systèmes sont composés, et dont l'assiégeant doit connoître aujourd'hui la position, puisque, dans le moment où j'écris, il ne peut ignorer aucun des moyens de défense qui existent présentement dans les places ennemies qui avoisinent nos frontières, et qu'il dépendra toujours du Gouvernement de se procurer les renseignemens relatifs aux ouvrages nouveaux qui pourroient y être exécutés. Dans ce que je vais dire j'admettrai que mille ou quinze cents kilogrammes de poudre placés dans le bourrage d'un entonnoir et arc-boutés à leur entrée, ou logés au fond d'un puits bourré, creveront les rameaux environnans jusqu'à la distance de 6 à 7 mètres (18 à 21 pieds), et que 6 à 700 kilogrammes de poudre placés sur l'extrados d'une galerie, la creveront à la distance de 4 à 5 mètres (12 à 15 pieds) de part et d'autre du fourneau, quoique logés simplement au fond d'un petit puits et arc-boutés par des étrésillons, et qu'elles rempliront la galerie de fumée.

Pl. 6, fig. 38. Pour fixer nos idées, supposons, en avant d'un front soumis aux ricochets, une disposition de mines défensives, composée d'une enveloppe placée à 40 mètres (20 toises) de la palissade, parallèlement aux grandes branches du chemin couvert; que de cette enveloppe partent des écoutes de 40 mètres (20 toises) de longueur et 6,50 mètres (20 pieds) de profon-

deur, les unes menées parallèlement et à la distance de 20 mètres (10 toises) des capitales, et les autres sous les prolongemens des gouttières des places d'armes rentrantes; qu'on communique de l'enveloppe à la galerie de contrescarpe par les écoutes sous les gouttières prolongées vers la place, et enfin de la galerie de contrescarpe dans le fossé par des entrées percées sous les traverses du chemin couvert et aux gorges des places d'armes rentrantes.

Je crois devoir observer ici que les travaux extérieurs en tout genre, mais plus particulièrement ceux de l'artillerie et du génie, doivent être exécutés de concert avec les souterrains pour se protéger réciproquement.

Les extrémités des écoutes parallèles aux capitales étant éloignées de 78 mètres (39 toises) des saillans, il faut établir la troisième parallèle à environ 140 mètres (70 toises) de ces saillans, afin que ses parties les plus rapprochées des écoutes en soient éloignées de 48 mètres (24 toises).

Cette distance de la troisième parallèle aux saillans doit régler celle des deux premières; c'est-à-dire, que l'on doit les espacer de manière que les batteries qui seront établies sur les prolongemens des branches d'ouvrage, puissent agir ensemble et même sans incommoder celles qui seront construites dans la troisième parallèle.

Daprès ces principes, que je regarde comme un des meilleurs moyens d'accélérer la reddition des places, la seconde parallèle ou plutôt les batteries de cette parallèle pourront être placées à 300 mètres (150 toises) des saillans, et celles de la première parallèle à 540. Les batteries à ricochets de cette première parallèle seront composées de pièces de vingt-quatre et de seize pour briser les affuts et palissades, et de mortiers

de 10 ou 12 pouces placés entre les canons, c'est-à-dire, dans la direction des fossés, et tirés sous des angles de douze à quinze degrés, pour faire ricocher les bombes, en reculant les plate-formes et talutant l'épaulement de l'arrière à l'avant vis-à-vis la direction du mortier.

Les batteries de la seconde parallèle seront composées de canons de douze contre les faces, d'obusiers de huit pouces contre les branches du chemin couvert, et de mortiers de huit pouces pour les fossés.

Enfin les batteries de la troisième parallèle ne seront composées que d'obusiers de six pouces tirés à très-petites charges et sous des angles variant à chaque coup ; et entre les batteries on placera quelques mortiers de huit pouces contre les places d'armes rentrantes.

Les deux premières parallèles étant donc établies et armées ainsi que je viens de le dire, et la tranchée arrivée au point *A*, où doit se former la troisième parallèle, je vais prendre les opérations du siége à cette époque et les suivre sous la forme d'un journal, en supposant les nuits de neuf heures et les jours de quinze.

Première nuit.

On ébauchera la troisième parallèle, ainsi que les redans pour les batteries *B*, partie à la sape pleine, partie à la sape volante.

Premier jour.

Au point du jour les canonniers s'empareront des parties de sape où doivent être leurs batteries; ils en épaissiront l'épaulement en élargissant la tranchée, et observant que le

sol de la campagne doit leur servir de genouillère (le détail de la construction des batteries à ricochet trouvera sa place ailleurs qu'ici). On renforcera la parallèle en la disposant de manière que la plus grande partie de son étendue soit en gradins, pour la franchir aisément et se porter en avant.

Quoique les points de la parallèle les plus rapprochés des écoutes en soient à 48 mètres (24 toises), cependant pour plus grande précaution, aussitôt que la parallèle pourra recevoir les mineurs, c'est-à-dire vers les huit heures du matin, ils ouvriront des puits de 5 mètres (15 pieds) de profondeur aux points *a*, qui sont les plus rapprochés des extrémités des écoutes, sur lesquelles ils dirigeront un rameau de 10 à 12 mètres (5 à 6 toises) de longueur pour y observer le mineur ennemi.

Nuit du 1.er au 2.

On achèvera entièrement la parallèle et les batteries, dans lesquelles les canonniers conduiront les pièces; on exécutera à sape volante les communications derrière ces batteries; on poussera à la sape pleine le bout de boyau *C* de 6 à 8 mètres (3 à 4 toises) au plus, et seulement pour qu'il puisse être distingué aisément de la place: les mineurs des puits *a* continueront leur travail, et auront au point du jour environ 6 mètres (3 toises) de longueur de rameau.

Deuxième jour.

L'artillerie de la troisième parallèle joindra son feu à ceux des deux autres, et, pendant tout ce jour, les commandans de toutes les batteries redoubleront d'attention pour bien régler les directions et degrés d'élévation de leurs pièces,

observant de faire mettre à part, pour la nuit suivante, les poudres qui à telle charge et sous tel degré auront fourni des coups portans.

Les obusiers de la troisième parallèle opposés aux places d'armes saillantes, n'étant éloignés de la palissade que d'environ 128 mètres (64,^{toises}), et les mortiers dirigés contre les places d'armes rentrantes se trouvant à environ 140 mètres (70^{toises}) de leurs saillans, on essaiera, pendant le jour, de tirer contre ces différentes places d'armes les obusiers avec la grosse cartouche à balle, et les mortiers avec des grenades et boîtes de grosses balles; on examinera les résultats des coups pour en faire usage la nuit suivante, ces feux étant de la plus grande importance pour le succès des travaux qui doivent s'exécuter alors.

On terminera les communications derrière les batteries; les mineurs achèveront leurs rameaux avant la nuit, et s'y tiendront aux écoutes; une brigade de sapeurs prolongera le boyau *c*, mais lentement et dans la seule intention d'attirer de ce côté les travaux des mineurs assiégés.

Les ingénieurs reconnoîtront avec soin la direction et la longueur de la ligne *b e* de chaque côté de la capitale; ils feront planter, dans la troisième parallèle et dans les boyaux de communication voisins, des piquets *q* sur les prolongemens des écoutes, à côté desquels on tiendra des jalons couchés, garnis d'un paquet de mèches soufrées à leur extrémité supérieure.

On fera avancer dans la troisième parallèle et de droite et de gauche de chaque saillant attaqué, l'approvisionnement suivant de fascines, gabions farcis et sacs à terre; savoir:

Quatre-vingts fascines d'environ 2 mètres (1^{toise});

Cent

Cent soixante gabions ordinaires farcis, et trois cents sacs à terre remplis.

Ces matériaux, destinés au service des travailleurs de la ligne, seront répartis et divisés en deux tas égaux, de droite et de gauche de la capitale, et placés du côté du revers, mais dans le fond de la tranchée.

On commandera pour chaque saillant, outre la garde ordinaire, les détachemens ci-après :

Deux cents grenadiers ;

Un bataillon de réserve,

Deux cents travailleurs,

Deux officiers, deux sergens, dix-huit mineurs fermes et intelligens, et soixante servans.

Les mineurs iront se pourvoir, au parc d'artillerie, de tous les objets détaillés ci-après, nécessaires à leur service, et dont l'état aura été donné précédemment au directeur du parc. Comme il doit y avoir sur chaque saillant deux attaques de mineurs, on partagera les matériaux en deux tas égaux, qui seront transportés dans les communications derrière les batteries.

Pour la construction des puits e, *et l'exécution des fourneaux dans le fond.*

Huit cadres, dont deux à oreilles, de 0,81 mètres ($2\frac{1}{2}$ pieds) en quarré dans œuvre; les bois de ces cadres auront 9 centimètres (3^{pouces}) d'équarrissage, et seront percés près des entailles et au milieu de la hauteur, afin de pouvoir contenir les tringles par des broches en fer.

Deux vrilles de même grosseur que les mèches qui auront percé les cadres.

Cinquante broches de même diamètre que les vrilles et de 9 centimètres (3^{pouces}) de longueur.

Les vrilles et broches seront mises dans deux sacs séparés.

Cinquante planches de coffrage de puits, de 1,14 mètres ($3\frac{1}{2}^{pieds}$) de longueur sur 24 centimètres ($8\frac{1}{2}^{pouces}$) de largeur.

Cinquante tringles de 1,05 mètres (3^{pieds}) de longueur.

Quatre plateaux de 1 mètre (3^{pieds}) de longueur sur 0,50 mètres (1^{pied} 6^{pouces}) de largeur, entaillés au milieu de leur longueur de 15 centimètres (6^{pouces}) dans le sens de cette longueur, sur 8 centimètres (3^{pouces}) dans le sens de la largeur, de manière qu'en joignant les deux plateaux il y ait dans leur milieu une entaille de 15 centimètres (6^{pouces}) en quarré.

Deux augets de 12 centimètres (4^{pouces}) de grosseur hors d'œuvre, assemblés en équerre, dont les grandes branches auront 3,25 mètres (10^{pieds}) de longueur, et les petites 1,30 mètres (4^{pieds}). Les saucissons remplis seront logés dans les augets avant que de sortir du parc, et arrêtés contre les parois intérieures, de manière à ce qu'ils ne puissent couler; ces saucissons dépasseront de 0,33 mètre (1^{pied}) les bouts des branches de chaque équerre.

Huit paniers à mineurs, garnis de leurs anses, et remplis de coins de bois de différentes dimensions, ainsi que de vingt piquets d'environ 3 centimètres (1^{pouce}) de grosseur sur 0,40 mètres (1^{pied}) de longueur.

Quatre cordages ou demi-prolonges d'environ 5 mètres (15^{pieds}) de longueur, garnis de crochets de fer à l'un des bouts.

Quarante sacs à terre, dont dix remplis et trente vides.

Deux échelles légères de 3 à 4 mètres (9 à 12^{pieds}) de longueur, et 0,33 mètres (1^{pied}) de largeur.

Quatre étrésillons de 12 centimètres (4^{pouces}) de grosseur, 1,30 mètres (4^{pieds}) de long, délardés à leurs extrémités.

On préparera au parc, pour chaque saillant, 1500 kilogrammes (3000^{lb}) de poudre dans cent sacs de toile, à raison de 15 kilogrammes (30^{lb}) par sac, de 27 centimètres (10^{pouces}) de diamètre et 5 décimètres (18^{pouces}) de hauteur, pour que l'on puisse les fermer, et la toile en sera assez serrée pour ne pas tamiser : les poudres seront également en deux tas.

Huit pelles courbes, dont quatre à manches ordinaires, et quatre à manches de 0,50 mètres (18^{pouces}).

Deux scies à main.

Quatre dragues
Quatre pioches } à manches de 0,50 mètres (18^{pouces}).

Quatre bêches de vigneron de 4 décimètres (1^{pied}) de hauteur, de fer, faites en forme de louchet, avec un manche de 0,50 mètres (18^{pouces}) de hauteur, terminé par une poignée.

Quatre pinces à main, } terminées en poinçon
Deux pinces de 1,30 mètres (4^{pieds}), } par un bout.

Deux niveaux de maçons avec leurs plombs.

Pour l'attaque qui doit suivre le jeu des fourneaux.

Six châssis de galeries de 2 mètres (1^{toise}) de hauteur, sur 1,30 mètres (4^{pieds}) de largeur, en bois de 15 à 18 centimètres (6 à 7^{pouces}) de grosseur.

Cinquante planches de coffrage de 1,46 mètres ($4\frac{1}{2}^{pieds}$) de longueur.

Vingt-quatre planches de ciel de même longueur que celles de coffrage.

Quatre mantelets ou couvre-corps en planches de sapin de *Fig. 39.*

4 centimètres (18^{lignes}) d'épaisseur, ayant 6 décimètres (22^{pouces}) de largeur sur 1,73 mètres (5^{pieds}) de hauteur, garnis d'un côté de deux poignées. Ces poignées seront placées sur deux mantelets, de manière que l'une soit à deux forts décimètres du bord supérieur, à droite de la ligne du milieu de la hauteur, et l'autre à 0,66 mètres (2^{pieds}) de distance de la première, mais sur la gauche de la ligne du milieu; sur les deux autres mantelets, ces poignées seront placées en sens contraire des précédentes, c'est-à-dire, que les premières iront de droite à gauche, et les autres de gauche à droite. Le dehors sera garni de fascines vertes, ou de cordage détordu, sur environ 15 centimètres (6^{pouces}) d'épaisseur, bien serrés par de fortes barres clouées contre les planches pour que le tout puisse être à l'épreuve de la balle, sur quoi l'expérience doit prononcer. Ces mantelets sont tracés fig. 39 de la planche 6.

Quatre piques avec des hampes de 2 mètres (1^{toise}) de longueur.

Quatre pics à roc et à tête bien emmanchés.

Quatre lanternes, quarante fascines d'un mètre (3^{pieds}) et 2 décimètres (7^{pouces}) de diamètre.

Six espingolles.

Quarante madriers de 6 centimètres (2^{pouces}) d'épaisseur, 2 décimètres (7^{pouces}) de largeur, et 1 mètre (3^{pieds}) de longueur.

Trois cents sacs à terre remplis et contenant chacun environ 17 décimètres ($29\frac{1}{2}$$^{\text{pieds cubes}}$) cubes de terre.

Tous ces approvisionnemens de mineurs seront placés dans les communications derrière les batteries *B*, de manière que les objets destinés au service des puits, soient le plus à portée des points *b*.

Une heure avant la nuit on travaillera à percer la paral-

lèle aux points *b* : ces coupures auront 2 mètres (1^toise) de largeur, et ne seront entièrement démasquées qu'à l'entrée de la nuit ; on chargera alors avec la cartouche à petites balles un des obusiers de chaque batterie de la troisième parallèle, de manière qu'à l'attaque de la demi-lune, dont il est ici question, on en ait quatre ainsi chargés, et qui ne tireront que dans le cas détaillé ci-après.

Enfin on fera avancer les poudres destinées aux mineurs dans les boyaux de communication de la deuxième à la troisième parallèle, où elles resteront jusqu'à nouvel ordre.

Avant que de détailler les travaux de la nuit, je dois prévenir que, pour éviter les longueurs de la guerre souterraine, je me propose de détruire par une attaque brusquée les extrémités des écoutes de l'assiégé, pour y pénétrer et m'en rendre maître, ainsi que des branches de l'enveloppe jusqu'aux intersections *f*. Quoique toutes les dispositions faites jusqu'à ce moment aient rapport à cette attaque, rien ne l'annonce encore à l'assiégé, qui doit au contraire me supposer le projet de cheminer sur la capitale, ainsi que l'annonce l'amorce *c* : je sais qu'il y aura du danger à courir dans l'exécution de ce projet, mais il sera bien diminué par les précautions que je prends ; d'ailleurs il ne durera que quelques heures, au lieu qu'on y seroit exposé pendant des semaines, et peut-être des mois entiers, en employant d'autres moyens.

Nuit du 2 au 3.

A l'entrée de la nuit les deux cents grenadiers garniront les banquettes de la place d'armes, entre les batteries et la capitale, et il sera commandé parmi eux deux détachemens de dix hommes chacun pour marcher avec les mineurs lors-

qu'il en sera temps : le bataillon de réserve occupera les communications derrière les batteries et les premiers boyaux joignant la parallèle; les travailleurs, qui doivent être choisis dans les bataillons de sapeurs, seront placés auprès des matériaux déposés dans la parallèle.

Les batteries des trois parallèles soutiendront leurs feux à raison de huit coups par heure et par pièce de canon, et six coups par obusier et mortier, ce qui peut fournir, en admettant les batteries des trois parallèles armées au complet, cinquante-six coups par heure sur chaque branche du chemin couvert, soixante-douze coups sur chaque face d'ouvrages, et quatre-vingt-dix bombes dans les fossés ou sur les places d'armes rentrantes; en sorte que si on évalue, d'après les précautions prises pendant le jour, à moitié et au tiers les coups de canon ou obusiers et ceux des mortiers qui porteront, il en résultera par heure vingt-huit coups sur les branches de chemin couvert, trente-six sur les faces, et trente dans les fossés ou places d'armes rentrantes. Je ne crois pas ces suppositions fort éloignées de ce qui arriveroit avec un corps d'artillerie semblable à celui qui existoit en France avant la guerre actuelle; mais quand on les réduiroit à moitié il me semble qu'il seroit encore permis d'admettre que, sous ces feux réunis, l'artillerie et la mousqueterie de la place ne pourroient pas en fournir beaucoup.

Les ingénieurs, accompagnés de quelques sapeurs intelligens, et suivis des travailleurs portant chacun un gabion et leurs outils, traceront la sape volante *b e* de chaque côté de la capitale, faisant poser successivement les gabions sous l'abri des précédens. Lorsque ce travail approchera des points *e*, les hommes placés près des piquets *q* dans la parallèle et les

boyaux voisins, allumeront les mèches soufrées de leurs jalons, qu'ils dresseront contre les piquets pour donner aux ingénieurs la direction des écoutes; ceux-ci se hâteront de marquer cette direction par un piquet enfoncé à la main: après quoi on abaissera les jalons.

Lorsque toute la ligne *b e* sera tracée, et les sacs à terre placés entre les gabions, les premiers travailleurs, disposés de mètre en mètre, commenceront la fouille de la tranchée, à laquelle ils donneront d'abord 1 mètre (3^{pieds}) de largeur sur autant de profondeur, en sorte qu'ils auront chacun environ 1 mètre cube (29$^{pieds\ cubes}$) à fouiller; ce qui doit être exécuté dans une heure: alors on doublera les travailleurs pour porter la tranchée à 2 mètres (1^{toise}) de largeur. Ainsi je puis admettre qu'après deux heures au plus de nuit la tranchée peut être en état de recevoir les mineurs, qui se rendront près des piquets *e* avec leur escorte de dix grenadiers, et les objets nécessaires à la construction des puits, que les servans déposeront sur le revers de la tranchée.

Comme il importe de dérober à l'assiégé, autant que faire se pourra, la connoissance de ce que l'on fait, les mineurs emploieront dans leur travail les précautions ci-après.

Ils poseront le cadre à oreille, dont les piquets d'arrêts seront enfoncés dans les trous préparés avec les pinces de 1,30 mètres (4^{pieds}), mais sans frapper; ils descendront quarrément d'un mètre avant de poser le second châssis, observant de n'employer que la bêche de vigneron et la pince à main pour fouiller, sans même frapper la terre avec ces outils: les tringles se fixeront contre les châssis au moyen de la vrille et des broches de fer dont le sergent sera porteur. Les troisièmes et quatrièmes cadres seront posés à 1 mètre (3^{pieds}).

l'un de l'autre et fortement serrés contre les terres au moyen des coins que l'on fera entrer par des pesées faites avec la pointe de la pince, et là se terminera la fouille, qui aura 3 mètres (9^{pieds}) de profondeur en contre-bas de la tranchée, et dont le fond se trouvera au-dessus de l'extrados de la galerie d'écoute. Les terres de la fouille seront disséminées sur le revers de la tranchée.

La proximité où l'on est de la place ne permettant pas d'espérer que l'on puisse dérober à l'assiégé le tracé et l'exécution de la sape *b e*, il faut s'attendre qu'il emploiera toutes ses ressources intérieures et extérieures pour s'y opposer. On ne doit pas craindre beaucoup d'obstacles de la part des mines dont les dispositions se préparent ordinairement entre les écoutes; admettons cependant qu'il y aura aussi des fourneaux sur les flancs de ces écoutes, qu'ils seront chargés et bourrés à l'avance, et qu'enfin en les faisant jouer ils atteindront quelques points de la sape *b e* du côté de *e:* on en sera quitte pour abandonner la partie sautée; et ce malheur, qui ne peut pas se répéter ailleurs, ne doit pas empêcher de maintenir les travailleurs sur tout le restant de la sape, et notamment dans le voisinage de l'écoute, où ils ne courent aucun danger souterrain; il faudra seulement, quelques heures après le jeu des fourneaux de l'assiégé, écrêter les lèvres de l'entonnoir pour communiquer librement aux points *e*.

Quant aux sorties que l'assiégé tenteroit, soit après le jeu de ses fourneaux, soit à une autre époque de la nuit, on peut les rendre nulles par les dispositions suivantes.

Aussitôt que le grenadier en sentinelle près du puits entendra marcher, ou découvrira les premières troupes de la sortie, il criera *aux armes;* alors les neuf autres grenadiers

se

se joindront à lui pour border le parapet, mais sans tirer; et les obusiers chargés à cartouches feront feu sur la troupe ennemie, mais sans recharger. Les grenadiers qui bordent la parallèle passeront par-dessus et se porteront à la course de droite et de gauche des points *e*, pour empêcher à quel prix que ce soit les travailleurs ennemis d'y pénétrer : les grenadiers seront suivis, si besoin est, par le bataillon de réserve, lequel s'appuiera d'une part aux grenadiers et de l'autre aux batteries. Si ces dispositions sont promptes et bien exécutées, il sera impossible à l'ennemi, déjà ébranlé par les coups d'obusiers, d'arriver en force sur les logemens des mineurs avant nos grenadiers ; ce qui doit être l'objet principal. Pendant l'attaque le mineur qui doit compter sur la protection extérieure continuera son travail.

La sortie étant repoussée, chaque chose rentrera dans l'ordre qui existoit auparavant, et les obusiers seront rechargés à cartouches, en cas de récidive de la part de l'ennemi.

Nous avons laissé les mineurs commençant leurs puits de 3 mètres (9^{pieds}) de profondeur, deux heures après l'entrée de la nuit : ces puits, contenant 2,78 mètres cubes ($58^{\text{pi. cub.}}$ $1052^{\text{po. cub.}}$), seront fouillés par un bon mineur bien payé et relevé à chaque demi-heure, dans environ deux heures et demie ; à quoi ajoutant une demi-heure pour la pose des cadres, tringles, et de quelques planches de coffrage serrées fortement contre les terres au moyen des coins et pinces à pointe, on aura trois heures pour la confection des puits. Il s'ensuit de là qu'en n'admettant aucun accident de bombe, qui ne pourroit être qu'un grand coup de hasard, puisque, quand même l'ennemi connoîtroit la position des logemens *e*, ils seroient pour lui ce que le tonneau est pour les écoles d'artillerie; il

s'ensuit, dis-je, que les mineurs pourront être prêts à charger après cinq heures de nuit : on voit par là qu'ayant encore quatre heures de nuit, il y aura plus de temps qu'il n'en faut pour terminer l'entreprise, même dans la supposition de quelques accidens.

Le puits de chaque attaque étant donc à profondeur, le mineur mettra au fond quelques sacs à terre vides : on descendra l'échelle, dont le pied posera sur un bout de planche et sur laquelle se tiendra un second mineur, le corps enfoncé dans le puits d'environ 1,30 mètres (4 pieds). Pour faire arriver les cinquante sacs de poudre que l'on aura fait rendre aux entrées *b* lorsque les mineurs achevoient leur fouille, on disposera une chaîne de travailleurs de mètre en mètre le long des communications *be*, et on passera les sacs de main en main : à mesure qu'ils arriveront, le mineur sur l'échelle les passera à celui qui est dans le fond, lequel les arrangera et pressera contre les parois des côtés, changeant la position de l'échelle à mesure que le tas s'élèvera d'un côté pour remplir de l'autre : lorsqu'il y aura vingt-cinq sacs descendus, on placera l'auget, la grande branche verticalement, dans le milieu du puits, après avoir crevé le bout du saucisson, ainsi que les sacs environnans ; et on continuera la charge qui, étant toute placée, doit remplir à un décimètre près l'espace compris entre le fond du puits et le dessous de l'avant-dernier cadre. Le mineur mettra dessus les poudres les plateaux d'un mètre de longueur, dont les entailles embrasseront l'auget ; et s'il reste du vide entre eux et le dessous du cadre, il le remplira avec soin par des coins et sacs à terre : il posera ensuite, en arc-boutant, et en travers entre le dessus de l'avant-dernier cadre et le dessous de celui qui est plus

haut, les quatre étrésillons, qu'il serrera au-dessus avec la pince à pointe ; cela fait il ne restera plus qu'à donner le feu.

Pendant ce travail, qui doit avancer également aux deux attaques, on fera filer les troupes de la parallèle dans les tranchées de communication jusqu'à la distance de 100 à 120 mètres (50 à 60 toises) des fourneaux, et il ne restera à chaque puits qu'un sergent de mineurs et quelques grenadiers.

Le signal pour mettre le feu aux deux mines peut être donné au moyen d'un des jalons *c* ; on emploiera le moine, et les sergens et grenadiers se retireront dans les communications derrière les batteries *B*.

Ce n'est pas assez que d'avoir détruit les bouts des écoutes, il faut profiter de l'événement pour s'en rendre maître, ainsi que des branches *d f* de l'enveloppe; et c'est ce qui nous reste à faire pendant les trois heures de nuit dont nous pouvons encore disposer.

Aussitôt après l'explosion des deux mines, les troupes armées et les canonniers retourneront à leurs postes ; le feu des batteries recommencera et sera soutenu avec la plus grande vivacité jusqu'au jour : quelques travailleurs répareront ce qui aura été dérangé, et d'autres travailleront à la communication des entonnoirs avec les sapes *b c*.

Les mineurs, au nombre de huit par entonnoir, et un sergent, armés de pinces, pics, pioches et pelles, et suivis du nombre de servans nécessaires pour le transport des matériaux déposés la veille derrière les communications des batteries, s'étant rendus aux entonnoirs, en fouilleront le fond avec la plus grande diligence, commençant à environ 3 mètres (9 pieds) du centre, du côté de la place, pour découvrir la galerie crevée ; cette distance dépendra du plus ou moins d'ou-

verture de l'entonnoir, que j'ai supposé ici de 16 mètres (8^toises) de diamètre supérieur : ils placeront les matériaux de droite et de gauche pour servir d'appui aux terres, et gagneront ainsi le sol de l'écoute ; ils déblaieront toute la partie détruite du côté de la place, et donneront tous leurs soins pour que ce déblai puisse se faire sans le secours des châssis dont on les a approvisionnés par précaution, et dont la pose emploîroit un temps bien précieux. Il sera donc nécessaire, pour le succès de l'entreprise, de choisir les mineurs et les servans, de payer largement leurs peines, et de veiller à ce que tout le monde mette la main à l'œuvre sans confusion, afin que le déblai puisse être terminé dans une heure ; après quoi on pénètrera en même temps dans les deux écoutes à un signal convenu, et dans l'ordre suivant.

Deux forts mineurs à la file, portant les mantelets, appuyant le corps contre le pied-droit de la galerie, de droite ou de gauche, suivant que la poignée basse sera à droite ou à gauche, afin de couvrir par ce moyen toute la largeur de la galerie ;

Deux grenadiers portant les piques ;

Six grenadiers le pistolet d'une main et le sabre de l'autre ;

Deux porte-lanternes, les lanternes allumées ;

Quatre mineurs portant chacun un pic, pioche et pelle ;

Cinquante travailleurs portant chacun un sac à terre rempli ;

Quatre hommes portant des espingolles chargées.

Le détachement s'avancera dans cet ordre, le corps un peu penché, pour être entièrement couvert par les mantelets, et dans le plus grand silence, jusqu'au débouché de l'écoute dans l'enveloppe, où l'on doit trouver l'ennemi occupé à se retrancher, et où il est à désirer qu'on le trouve.

Lorsque le premier mineur s'approchera de la case formée en *d* par la jonction des trois galeries, il fera le commandement *serrez;* alors les grenadiers et travailleurs se presseront en masse sur les deux premiers mineurs, pour pénétrer ainsi dans la case et de là dans l'enveloppe *df*. Quelle que puisse être la résistance de l'ennemi, il faut absolument le forcer à céder, entrer avec lui dans l'enveloppe, l'y poursuivre jusqu'aux intersections *f*, et pénétrer avec lui de 6 à 8 mètres (3 à 4 toises) dans la galerie *fg*, sous la gouttière du glacis, où les premiers mineurs s'arrêteront en se couvrant de leurs mantelets appuyés sur le sol de la galerie; alors les mineurs qui sont à la tête des travailleurs commenceront, à 4 mètres (2 toises) de *f* dans la galerie *fg* et derrière les grenadiers, un épaulement en sacs à terre qui leur seront remis de main en main. On donnera d'abord 0,66 mètres (2 p. ds) d'épaisseur à ce premier épaulement et 0,80 mètres (2 pieds 4 pouces) de hauteur; après quoi les grenadiers et les deux mineurs qui sont en avant feront leur retraite, passant par-dessus le petit épaulement et toujours protégés par les mantelets que les mineurs laisseront contre le parement extérieur de l'épaulement.

Pendant cette retraite on fera avancer les espingolles pour s'en servir si l'ennemi n'étoit pas entièrement retiré.

On élèvera avec les cinquante sacs à terre le premier épaulement à 1,46 mètres (4 pieds 6 pouces): les travailleurs resteront dans l'enveloppe jusqu'au moment où l'on aura besoin des madriers et du restant des sacs à terre, qui doivent être alors déposés à l'entrée de l'écoute *ed*: les grenadiers serviront de garde aux six mineurs, qui de suite pratiqueront dans les pieds-droits des rainures pour loger les madriers, que l'on

fera avancer, ainsi que les sacs à terre restans, pour former une barricade d'un mètre d'épaisseur et à 0,66 mètres (2^{pieds}) du premier épaulement ; lesquels 0,66 mètres (2^{pieds}) seront remplis de fascines, ce qui donnera alors près de 2,60 mètres (8^{pieds}) d'épaisseur à la barricade.

Il me semble que si toute cette manœuvre qui doit suivre le jeu des mines se fait avec ordre, promptitude et fermeté, elle sera entièrement terminée au retour du jour, qui doit nous trouver maîtres des écoutes saillantes et de l'enveloppe. On voit aisément qu'il est de la plus grande importance pour le succès de cette entreprise que les attaques sur les trois saillans du front fassent jouer leurs fourneaux en même temps et pénètrent de même dans les écoutes; d'où il suit que les attaques le plus tôt prêtes doivent attendre pour agir que les autres le soient aussi.

Tels sont les travaux que je propose d'exécuter pendant la nuit du 2 au 3, pour éviter les longueurs de la guerre souterraine : mais comme je ne veux pas supposer mon ennemi en léthargie, ainsi que le font presque toujours les donneurs de systèmes, je ne terminerai pas cet article sans rendre compte des moyens que le mineur assiégé peut employer pour s'opposer à la destruction des extrémités des écoutes, et ensuite à leur envahissement.

Si toutes les précautions recommandées aux mineurs pour travailler sans bruit sont exécutées, ainsi que je dois l'admettre, et si les troupes sont disposées et agissent dans les sorties comme je l'ai détaillé, il me paroît impossible au mineur assiégé, quoique prévenu, si l'on veut, par quelque sortie, que l'on travaille au-dessus de lui, de déterminer au juste le point du travail. Mais admettons qu'il puisse en avoir con-

noissance par suite de l'inattention de nos mineurs ; quel parti prendra-t-il? Je n'en vois pas d'autre que celui de détruire lui-même sa galerie, en perçant les pieds-droits pour loger derrière quelques poudres, ou en plaçant sous le puits quelques barriques : mais dans le premier cas nos mineurs entendroient d'abord son travail, et si leur puits avoit alors environ deux mètres (1^toise^) de profondeur, ils auroient plus de temps qu'il ne faudroit pour charger et écraser les ennemis. Dans le second cas, la plus grande partie de l'effet des poudres se porteroit dans la galerie, et il n'y auroit d'exposé à son action que le mineur qui seroit dans le puits: mais une fois la galerie ennemie empoisonnée, on reprendroit l'ancien travail ou on en recommenceroit un nouveau, sans avoir plus rien à craindre de la part du mineur assiégé, et avec beaucoup plus de succès, puisqu'on pourroit placer les poudres dans les débris de la galerie, où elles pénètreroient en grande partie et y occasioneroient de bien plus grands ravages.

Il est bien important d'observer que, les écoutes étant supposées à 6,50 mètres (20^pieds^) de profondeur, l'assiégé ne peut former au-dessus un entonnoir un peu considérable qu'au moyen d'un bourrage d'environ 9 mètres (27^pieds^) de part et d'autre du point qu'il voudroit faire sauter; ce qui demanderoit beaucoup plus de temps qu'il n'en faudroit à nos mineurs pour terminer tout ce qu'ils ont à faire : mais il pourroit tirer parti de ce moyen pour retarder l'envahissement de l'écoute, si le bruit au-dessus continuoit à se faire entendre; car, dans le cas contraire, la crainte continuelle d'être écrasé l'empêchera toujours de rien entreprendre de considérable en fait de bourrage.

Si la connoissance que l'assiégé peut acquérir du point de notre travail au-dessus de l'écoute, ne peut pas lui servir beaucoup pour nous nuire par l'action des poudres, elle peut cependant faire échouer l'entreprise ou du moins la rendre beaucoup plus meurtrière, s'il sait en profiter pour juger notre intention, et en conséquence se retrancher fortement dans la case *d:* il est donc bien important d'assujettir le travail du mineur au-dessus de l'écoute à toutes les précautions que j'ai détaillées ci-devant, et de brusquer, le plus tôt que l'on pourra, l'envahissement de l'écoute après le jeu des fourneaux.

L'assiégé peut encore s'opposer avec succès à l'envahissement de l'écoute, en disposant de distance à autre, sous le sol de la galerie, des obus chargées, ou des petits coffres remplis de poudres et de grenades; on peut même dire que ce moyen bien préparé, dans un terrain convenable, rendroit l'envahissement impraticable, puisque sur la longueur des 40 mètres (20^{toises}) il est possible d'avoir cinq de ces petites fougasses à faire jouer successivement, ce qui est plus que suffisant pour arrêter la marche des hommes les plus intrépides : mais tous les terrains ne sont pas propres à ce genre de défense; il en est même fort peu où l'on puisse l'employer, parce que les écoutes devant avoir 6 à 7 mètres (18 à 21^{pieds}) de profondeur, ou plutôt occuper le plus bas du terrain, pour rendre maître du dessus, et les petites fougasses devant être chargées et mises en place avant l'arrivée du danger pour l'écoute (car alors il seroit trop tard pour s'en occuper, puisque ce petit travail demande encore du temps), il s'ensuit que, dans la plus grande partie des terrains, les poudres des fougasses se trouveront exposées à l'eau ou au moins à l'humidité, quelquefois pendant plusieurs jours, ce qui empêchera

pêchera l'effet qu'on en attend. Au surplus, l'assiégeant connoissant la place, il saura si le terrain des écoutes est propre ou non aux fougasses; et comme il y a plus à parier contre que pour, je puis admettre ici qu'à l'attaque que nous suivons ce genre de défense ne peut convenir: nous verrons ci-après la marche à suivre lorsqu'on ne voudra pas tenter de pénétrer dans les écoutes.

Le peu de temps qui s'écoulera entre le jeu des fourneaux et l'envahissement des écoutes, ne permettra pas à l'assiégé de s'y mettre en défense: mais je pense qu'on le trouvera à l'entrée de la case *d* occupé à s'y retrancher; c'est pourquoi j'ai fait mes dispositions pour l'y charger en masse et renverser tous les obstacles. Cette attaque peut être chaude; mais il faut, comme je l'ai dit, en sortir victorieux et obliger l'ennemi à la retraite, si l'on veut profiter de tous les travaux de la nuit.

Mon projet étant de conserver les galeries *fg* pour voir ce qui s'y passera et empêcher qu'elles ne nuisent aux progrès des travaux ultérieurs, on pourra peut-être m'objecter que l'ennemi sera le maître d'employer, pour me forcer dans la case *f*, les mêmes moyens que j'ai mis en usage pour m'emparer de la case *d*. A cela je réponds que le mineur assiégé, surpris par la destruction inattendue des bouts de ces écoutes et leur subit envahissement, manquera de temps et de moyens sous la main pour pouvoir m'opposer une résistance comparable à celle que lui présentera une barricade de 2,60 mètres (8^{pieds}) d'épaisseur qui résisteroit même aux boulets, et dont il ne peut empêcher la construction, mon travail étant protégé par le feu des espingolles, et tout mon monde restant près de moi pour recommencer le combat en masse si

besoin est, et avec tous les moyens de me renforcer à volonté.

Je crois donc pouvoir conclure qu'au point du jour je serai maître des écoutes et de l'enveloppe, et que l'ennemi ne pourra plus en faire aucun usage contre les travaux ultérieurs.

Je préviens qu'à compter de ce jour les sapes marcheront jour et nuit, et que je calculerai, à cette proximité de la place, sur 120 mètres (60^{toises}) courans de sapes par vingt-quatre heures, savoir soixante-seize mètres (38^{toises}) pendant les quinze heures de jour, et quarante-quatre mètres (22^{toises}) pendant les neuf heures de nuit.

Troisième jour.

Au point du jour les mineurs reconnoîtront les branches *d f* et *d d* de l'enveloppe : s'ils y trouvent des rameaux dirigés vers la place, comme il est à présumer, ils se tiendront aux écoutes dans le fond ; et s'il n'y a pas de rameaux faits, ils en ouvriront de 20 en 20 mètres (10 en 10^{toises}) pour se porter en avant vers la place de 10 à 12 mètres (5 à 6^{toises}) et s'y tenir aux écoutes.

Les canonniers construiront les batteries d'obusiers *D* contre les branches des places d'armes rentrantes.

On travaillera au couronnement des entonnoirs *e*, et à l'achèvement des communications *b e*, sous la protection des feux de toutes les batteries. On blindera les entrées *e* des écoutes, à chacune desquelles il y aura désormais et jusqu'à nouvel ordre un poste de quarante hommes choisis, dont dix seront détachés dans la case *d*, et quinze dans la case *f* et galeries voisines, avec deux mineurs et les espingolles chargées.

Digitized by Google

Nuit du 3 au 4.

Les canonniers achèveront les batteries *D* et y conduiront les pièces; les mineurs construiront leurs rameaux dans les branches de l'enveloppe, s'il n'y en a pas de faits, et ils seront terminés au point du jour: on finira le couronnement des entonnoirs *e*.

Deux brigades de sapeurs prolongeront les sapes *b e* pour se joindre sur la capitale en *m*, d'où débouchera une sape double *m n* d'environ 20 mètres (10 toises) de longueur, jusqu'en *n*, où commencera la quatrième parallèle *n o*, rapprochée des places d'armes rentrantes autant qu'on pourra le faire sans s'exposer aux enfilades des saillans du chemin couvert des bastions: pendant cette nuit on poussera le travail jusqu'aux amorces de la quatrième parallèle.

Quatrième jour.

Au point du jour les batteries d'obusiers *D* entreront en action; on perfectionnera les travaux de la nuit: les mineurs attachés aux attaques de l'enveloppe se tiendront aux écoutes au fond des rameaux, ayant à portée d'eux tous les objets nécessaires à l'exécution de quelques fourneaux, dans le cas où le mineur assiégé se porteroit sur l'enveloppe, ce qu'il ne peut faire qu'en partant des rameaux qui débouchent dans sa galerie de contrescarpe; en sorte qu'ayant nécessairement plus de chemin à faire pour arriver à portée de l'enveloppe, que nos mineurs n'en ont eu pour s'y mettre en défense, quand même ils ne rencontreroient point de rameaux faits, ce qui n'est guères à supposer, il s'ensuit que nous serons toujours dans le cas de le prévenir.

Digitized by Google

La sape continuera sa marche sur la quatrième parallèle avec activité et de manière à exécuter pendant ce jour environ 76 mètres (38 toises).

Nuit du 4 au 5.

On placera dans la quatrième parallèle, de droite et de gauche de la capitale saillante, vers les points *d*, deux mortiers de huit pouces, tirés des batteries de la deuxième parallèle.

On perfectionnera les travaux du jour; la sape continuera sa marche de manière à ébaucher environ 44 mètres (22 toises).

Si l'ennemi tentoit une attaque de vive force contre nos barricades en *f*, on se conduiroit comme il suit pour s'y opposer.

Aussitôt qu'il se montreroit en *g*, la sentinelle en *f* crieroit aux armes, ce qui seroit répété par celles placées en *d* et en *e;* alors tout le détachement qui est en *f* se porteroit à la barricade, passant les armes aux premiers pour les tirer successivement; le poste en *d* se porteroit à la course en *f*, ainsi que celui en *e:* ces deux postes seroient remplacés par un détachement de la troisième parallèle, prêt à augmenter la masse en *f* si besoin étoit.

Je pense qu'avec cette simple précaution il seroit impossible à l'assiégé de venir à bout de forcer notre barricade.

Cinquième jour.

Les mortiers placés en *d* tireront à grenades sur les places d'armes saillantes. La sape continuera sa marche pour arriver en *o* vers les sept heures du matin: on multipliera les travailleurs sur toute l'étendue des branches *n o* de la quatrième parallèle pour achever de la convertir en place d'armes, et

y pratiquer des gradins vis-à-vis les faces des places d'armes saillantes, et de droite et de gauche des capitales des places d'armes rentrantes, ainsi qu'au milieu de la longueur *n o*.

Les batteries de la deuxième et de la troisième parallèle, dirigées contre les faces des ouvrages, mettront à part les poudres qui fourniront de bons coups, et on s'assurera de nouveau des directions et degrés d'élévation, afin d'avoir recours à ces observations la nuit suivante.

On fera avancer, pour chaque saillant attaqué, dans la troisième parallèle et les communications *b e m*, les matériaux suivans :

Deux cents gabions d'un mètre (3^{pieds}) de hauteur;

Cent fascines;

Cent sacs à terre remplis.

On commandera, outre la garde ordinaire de la tranchée, les détachemens et travailleurs ci-après :

Deux cents grenadiers;

Deux piquets de cent hommes chacun;

Six officiers du génie;

Trois officiers, six sergens, cinquante mineurs et vingt servans choisis;

Vingt ouvriers de l'artillerie, pris parmi les charpentiers;

Deux cents sapeurs ou travailleurs intelligens;

Deux cents hommes de corvée, destinés seulement à porter les matériaux sur place et à se retirer ensuite.

Pour rendre plus intelligibles les travaux qui doivent avoir lieu la nuit suivante, je détaillerai ceux sr la branche gauche *Y X* du chemin couvert, lesquels auront également lieu sur les autres branches. *Fig.* 38 *et* 40.

Vers le soir on fera avancer dans la quatrième parallèle,

entre *n* et *o*, cent gabions, sur lesquels on posera cinquante fascines et cinquante sacs à terre.

Les mineurs y apporteront trois cadres à oreille, six cadres ordinaires de puits, de 0,81 mètres (25^{pouces}) en quarré, les planches nécessaires pour coffrer tant plein que vide, les plateaux pour mettre sur les poudres, les étrésillons pour les serrer, et les poutrelles nécessaires au blindage de trois entrées de puits, avec les mêmes outils et autres objets détaillés dans la première attaque.

On préparera au parc trois augets d'environ trois mètres (9^{pieds}) de longueur, garnis de leurs saucissons, et 900 kilogrammes (1800^{lb}) de poudre, en soixante sacs de 15 kilogrammes (30^{lb}) l'un, à raison de 300 kilogrammes (600^{lb}) pour chaque puits sous les traverses, et 300 kilogrammes (600^{lb}) pour le puits sous la capitale.

On doit admettre que le chemin couvert que je me propose d'attaquer ne peut être gardé que par peu de monde, et que les palissades et parapets doivent être brisés et dégradés par l'effet de l'artillerie qui les laboure depuis long-temps.

Nuit du 5 au 6.

A l'entrée de la nuit quarante grenadiers se porteront vers la capitale de la place d'armes rentrante en *o*, vingt vers le milieu de la branche *no*, et quarante près de la capitale saillante; ce qui formera trois divisions sur chaque branche *no*.

Les grenadiers de la division de gauche près de la capitale monteront sur la première banquette et auront derrière eux; savoir :

En deuxième ligne:

Deux officiers du génie, cinq ouvriers armés de haches et cinq mineurs avec des masses.

En troisième ligne:

Soixante et dix travailleurs, portant chacun un gabion avec une pelle et une pioche.

Soixante et dix hommes de corvée, portant trente-cinq fascines, trente-cinq sacs à terre remplis et une partie des matériaux nécessaires aux mineurs.

En quatrième ligne:

Un officier, deux sergens, dix mineurs et six servans, portant leurs outils et le restant de leurs matériaux.

Les grenadiers de la division de droite près de la capitale de la place d'armes rentrante, montés pareillement sur la première banquette auront derrière eux; savoir:

En seconde ligne:

Un officier du génie, cinq ouvriers et cinq mineurs armés comme ci-dessus.

En troisième ligne:

Trente travailleurs, portant chacun un gabion et leurs outils.

Trente hommes de corvée, portant quinze fascines et quinze sacs à terre remplis et une partie des matériaux des mineurs.

En quatrième ligne:

Un officier, un sergent, cinq mineurs et quatre servans, portant leurs outils et le restant de leurs matériaux.

La division du centre ne sera destinée qu'à charger devant elle et à se porter à droite ou à gauche suivant le besoin.

Lorsqu'on fera ces dispositions, les batteries des deuxième et troisième parallèles continueront leurs feux.

Tout étant disposé, le signal de l'attaque sera donné par les mortiers de la quatrième parallèle près du saillant de la demi-lune, lesquels jetteront leurs bombes sur la ville, et sous des angles élevés, pour qu'elles soient bien aperçues de tous les points de l'attaque.

A ce signal, toutes les batteries dirigées contre les branches du chemin couvert cesseront leur feu ; celles contre les faces des ouvrages continueront et même redoubleront le leur pendant toute la nuit : les grenadiers de droite et tout ce qui les suit, se porteront sur la branche *X Z* de la place d'armes rentrante ; ceux de gauche sur la branche de la place d'armes saillante, et ceux du centre entre les traverses du chemin couvert.

Pendant la première fusillade, les ouvriers et mineurs briseront les barrières et palissades qui ne le seroient pas encore ; les grenadiers pénètreront dans le chemin couvert, et en chasseront tout ce qui s'y trouvera ; la division de gauche laissera dix hommes près de la traverse saillante, et le reste se repliera dans la quatrième parallèle pour reprendre son poste entre *N* et *d* ; la division du centre se réunira à celle de droite près de la traverse rentrante, où elles laisseront pareillement dix hommes, et se replieront ensuite dans la quatrième parallèle, pour occuper leur première position près de la capitale rentrante ; le piquet de cent hommes occupera alors le poste vers le milieu de *n o*.

Pendant cette manœuvre, les travailleurs et mineurs qui auront suivi les grenadiers dans le chemin couvert, seront placés par les ingénieurs le long des logemens marqués au plan ; ils travailleront sur le champ à se couvrir. On laissera des passages *P* de 1,30 mètres (4 pieds) aux extrémités du logement

ment de la place d'armes saillante, pour que les grenadiers qui le protègent puissent se porter à l'arrondissement de la contrescarpe si l'ennemi tente d'y dresser des échelles. Les mineurs rassembleront leurs matériaux à portée des points où ils doivent s'établir ; ensuite une partie d'eux travaillera à ouvrir les rampes *r*, de 1,66 mètres (5^{pieds}) de largeur, derrière le passage des traverses, et le surplus se joindra aux travailleurs : ces logemens auront 1,30 mètres (4^{pieds}) de largeur et autant de profondeur, et seront poussés jusqu'à l'aplomb du parapet des traverses.

On doit observer que la première chose à perfectionner est la clôture du passage *X*, à laquelle on doit employer assez de monde pour qu'elle soit promptement finie et en état de recevoir une partie des grenadiers ; ceux-ci seront attentifs à ce qui se passera à la gorge de la place d'armes rentrante et le long de sa contrescarpe. Si pendant le travail l'ennemi se présentoit au-dessus du pas-de-souris ou sur le bord du mur, mais en petit nombre, on se contenteroit de le chasser par quelques coups de fusil tirés séparément; mais s'il venoit en force, alors nos grenadiers tireroient trois à quatre coups de fusil ensemble, qui serviroient de signal aux détachemens de la parallèle pour se reporter à la course dans le chemin couvert et en chasser de nouveau l'assiégé.

Chaque travailleur forçant de bras doit remplir, dans environ vingt minutes, son gabion qui le mettra entièrement à l'abri du coup de fusil ; et la totalité de l'excavation qu'il a à faire étant moindre que deux mètres (6^{pieds}) cubes, il doit la terminer dans deux heures : ainsi les mineurs pourront être reçus dans les logemens après trois heures au plus de nuit.

Les brigades de mineurs qui doivent s'attacher aux traverses commenceront par blinder le petit retour près de la contrescarpe, laissant cependant deux ouvertures ou créneaux du côté du fossé pour observer ce qui s'y passera; ils pénètreront ensuite sous le massif de la traverse par un bout de galerie de 1,30 mètres (4^{pieds}) de hauteur sur 1,14 mètres (3^{pieds} 6^{pouces}) de largeur et autant de profondeur: cela fait, ils poseront le cadre à oreille et descendront un puits d'environ 2,70 mètres (8^{pieds}) de profondeur, au fond duquel se placera la charge de 300 kilogrammes (600^{lb}) de poudre.

La brigade destinée au puits sous la capitale commencera également par le blindage, et descendra ensuite son puits de 2,70 mètres (8^{pieds}), au fond duquel se placeront les poudres.

Il faudra aux mineurs sous les traverses environ quatre heures et demie pour être prêts à charger, et trois heures et demie à ceux sous la capitale, qui pourront par conséquent ne commencer leur travail qu'une heure après les autres. Lorsqu'on sera prêt à charger on fera passer les sacs de la manière suivante : on placera dans la quatrième parallèle, vis-à-vis les rampes *r* des traverses saillantes et rentrantes, des hommes chargés chacun d'un sac et placés sur les banquettes de la parallèle, lesquels traverseront les glacis à la course, en se suivant à la distance de quelques pas. On attendra que toutes les attaques soient prêtes pour donner le feu partout, ou au moins aux trois fourneaux de chaque place d'armes saillante, ou aux deux fourneaux de chaque place d'armes rentrante, afin qu'avant le jour la contrescarpe et la galerie qui lui est adossée soient détruites vis-à-vis toutes les communications aux fossés de la place.

Examinons présentement les moyens de défenses extérieures

et souterraines que l'assiégé peut opposer au travail de cette nuit.

§. I.er

Dans sa défense extérieure il emploiera les sorties, les grenades, la mousqueterie et l'artillerie.

Il me semble qu'avec les dispositions ci-dessus, pour porter promptement les troupes de la quatrième parallèle dans le chemin couvert, les sorties ne peuvent être dangereuses, quand bien même il y auroit un escalier à l'arrondissement de la contrescarpe; car l'ennemi ne pouvant arriver qu'à la file, les premiers qui paroîtront sur le terre-plein seront culbutés par les dix grenadiers de garde à chaque attaque, ce qui donnera le temps au renfort d'arriver. La plus grande portée des grenades à main étant d'environ 28 mètres (14 toises), si on suppose seulement 20 mètres (10 toises) de largeur au fossé de la demi-lune, et 8 mètres (4 toises) à son parapet, compris les talus, l'établissement du mineur le plus près de la contrescarpe se trouvera à 30 mètres (15 toises) de la banquette de l'ouvrage, et sera de plus garanti par le blindage.

Il y aura sans contredit quelques dangers à courir de la part de la mousqueterie lorsque les travailleurs commenceront à se couvrir: mais outre la puissante protection qu'ils recevront de la part des feux des deuxième et troisième parallèles, dirigés contre les faces, il me semble que ce danger sera moins grand dans le terre-plein que sur la crête du glacis, parce que, supposant la plongée du parapet dirigée sur le bord de la contrescarpe, le fusilier devroit, pour diriger son coup sur ce terre-plein, découvrir son corps beaucoup plus que s'il le dirigeoit sur la crête du glacis, ce qu'il ne fera certainement pas. D'ailleurs il ne me paroît guère possible de maintenir

beaucoup de fusiliers en place sur les banquettes, sous les feux redoublés des batteries qui peuvent agir alors sans craindre d'inquiéter les travailleurs placés à cinq ou six mètres (15 ou 18^{pieds}) au-dessous de la direction des boulets ou obus, et garantis encore par le parapet du chemin couvert.

Quant aux feux de l'artillerie, je crois qu'il peut être permis de les regarder comme peu dangereux, à cette proximité de la place, contre des points uniques qu'à peine on pourra apercevoir; d'ailleurs, à cette époque du siége il ne doit plus guère y avoir que les flancs en état d'en fournir, et c'est pour cette raison que j'ai cherché à couvrir les attaques des mineurs par les traverses.

Je ne prétends pas inférer de ce qui précède, qu'il n'y aura aucun danger à courir, mais seulement qu'il sera moindre que si le travail avoit lieu sur la crête du glacis.

§. II.

Les moyens de défense souterraine de l'assiégé me paroissent ici bien moins à craindre encore que dans la première attaque que nos mineurs ont faite, à cause de la proximité où nous nous trouvons de la contrescarpe, que l'ennemi ne peut pas vouloir détruire lui-même, en sorte que nous ne devons craindre de sa part aucune explosion un peu considérable, quand bien même il auroit le temps de la préparer, ce qui n'est pas: il n'a donc que la ressource de saper lui-même les pieds-droits de ses communications, ou de les renverser par quelques petites charges de poudre sous nos puits; l'un et l'autre de ces partis demanderoit encore du temps, seroit entendu de nos gens et ne pourroit au pis aller produire d'autre effet que de nous obliger à quelques

réparations qui ne retarderoient pas d'une heure l'explosion des fourneaux.

Je crois donc pouvoir conclure que le travail proposé pour cette nuit peut s'exécuter conformément aux dispositions que je viens de détailler.

Sixième jour, et nuit du 6 *au* 7.

Au jour, les sapeurs déboucheront des points *u* de la quatrième parallèle pour former la portion circulaire *uwu*, et de là gagner le couronnement du saillant *Y* et celui des branches de la place d'armes saillante jusqu'aux rampes *r*; aussitôt que ce couronnement embrassera l'angle *Y* de 16 à 20 mètres (8 à 10 toises), ce qui aura lieu quelques heures après l'entrée de la nuit, les mineurs se couleront vers les rampes *r* avec quelques grenadiers, pour fouiller les entonnoirs du terre-plein du chemin couvert, reconnoître les effets de la destruction, et s'assurer que l'assiégé ne peut plus rentrer dans sa galerie de contrescarpe.

Septième jour, et nuit du 7 *au* 8.

On achèvera le couronnement du chemin couvert, et les canonniers commenceront leurs batteries de brèche et de contre-flancs.

Huitième jour, et nuit du 8 *au* 9.

Les canonniers emploieront ce temps à construire leurs batteries, à mener les pièces et se mettre en état d'agir au lever du neuvième jour.

Du 9 *au* 12.

Ce temps sera employé à battre en brèche et à faire les

dispositions pour l'assaut, qui pourra avoir lieu la nuit du 11 au 12.

Je puis donc être maître de la place après onze journées de siége, à compter de la troisième parallèle établie à 140 mètres (70^{toises}) de la palissade, et dont la construction a employé deux journées; il en reste donc neuf pour le temps que l'on aura mis à parcourir les glacis et préparer l'assaut : ajoutant, si l'on veut, moitié en sus pour tenir compte des différens accidens qui peuvent survenir aux travaux des mineurs et à ceux des sapeurs, ce qui est certainement beaucoup, on n'aura encore que quinze journées au plus, ce qui est bien différent des trente-neuf et quarante consommées sur les glacis de Schweidnitz et de Berg-op-zoom.

Il me reste à rendre compte des accidens qui peuvent arriver aux mineurs pendant les fouilles des puits, et des moyens à employer pour en tirer parti.

J'ai déjà fait voir qu'à la profondeur de 6,50 mètres (20 ^{eds}), l'assiégé, supposé décidé au sacrifice de sa galerie, ne pouvoit produire à la surface du terrain un entonnoir marqué, qu'en bourrant sa galerie sur une étendue d'environ 9 mètres (27^{pieds}) de part et d'autre du point qu'il voudroit enlever, et que le temps nécessaire à cette opération seroit beaucoup plus long que celui dont nous avons besoin, et qu'en conséquence ces grandes explosions ne pouvoient pas être à craindre. J'ai encore fait observer que si l'ennemi perce les pieds-droits de sa galerie pour loger quelques poudres, ou s'il les sape, son travail ne peut être dangereux, parce qu'il sera entendu : et le plus grand effet qui pourroit en résulter seroit l'affaissement du puits sur la voûte de la galerie, ce qui n'empêchera pas de s'en servir après une heure ou deux de

réparation pour y pouvoir pénétrer, si on a eu la précaution, ainsi que je l'ai recommandé, de serrer fortement les planches et cadres contre les terres; alors on poseroit les poudres sur les décombres de la voûte pour se procurer l'entonnoir nécessaire aux autres manœuvres qui doivent suivre l'explosion du fourneau.

Ce ne sera donc pas de la part de la défense souterraine que nos mineurs auront à craindre beaucoup d'accidens, mais bien plutôt de la défense extérieure; car si on ne prenoit pas les plus grandes précautions pour empêcher les sorties d'approcher les puits, elles pourroient détruire aisément tous les ouvrages commencés, en y jetant quelques bombes : ces précautions sont donc indispensables ; et si celles que j'ai proposées ne paroissent pas suffisantes, il faut les augmenter et garantir l'approche des puits à quelque prix que ce soit.

Quant aux bombes tirées par les mortiers de la place, on ne peut les empêcher de suivre leur direction; et il est possible que le hasard en conduise une dans un puits où elle détruiroit de fond en comble tout ce qui s'y rencontreroit, et son dégât seroit d'autant plus considérable que l'ouvrage seroit plus avancé: on pourroit s'en garantir par un fort blindage sur les puits; mais j'ai cru devoir éviter cet appareil, long à exécuter, dans les attaques que j'ai proposées, sauf à recourir, en cas d'un pareil accident, à la patience et à la fermeté, afin de profiter de l'excavation que produiroit la bombe pour se procurer un nouveau couvert et arriver bientôt à la profondeur nécessaire pour l'emplacement des poudres.

Pl. 7, fig. 41. *Attaque d'un front d'un système de mines défensives, dans l'hypothèse qu'on ne veut pas tenter l'envahissement des écoutes et de l'enveloppe, par suite de la connoissance qu'on a des moyens de résistance que l'ennemi peut y opposer.*

Pour fixer les idées et avoir une base qui règle la marche à suivre, je supposerai que l'assiégé a sous la main des moyens préparés d'avance pour arrêter l'assiégeant qui voudroit pénétrer dans ses galeries, soit par de fortes barricades dans les cases *d* et *f*, ainsi qu'au milieu de la branche *df*, soit par des piéges sous le sol de ses galeries, dont j'ai déjà parlé, et qu'en conséquence on renonce au projet de les envahir de vive force.

Je vais prendre la forme d'un journal, comme j'ai fait précédemment, pour rendre compte de la marche que l'on peut suivre dans cette hypothèse, afin d'éviter la plus grande partie des dangers souterrains; et j'espère prouver, 1.° que si l'assiégé ne se décide pas au sacrifice de ses écoutes et de son enveloppe, et par conséquent à celui de toutes les dispositions de fourneaux débouchant de ces galeries et destinés à la défense des capitales et crêtes de glacis, il lui sera impossible d'arrêter la marche de nos sapes par des explosions souterraines de quelque importance; 2.° qu'en admettant qu'il se décide au sacrifice presque complet de son système de défense souterraine, il ne peut avoir qu'un seul moyen d'en tirer parti, et que le plus grand effet qui pourroit en résulter seroit de nous retarder de quelques jours; 3.° enfin, que puisque tout cet appareil de galeries et rameaux

ne

ne doit produire qu'un si petit effet, et cela dans un seul cas, un pareil système ne peut être admis.

On se conduira comme on l'a fait dans l'attaque précédente jusqu'à l'époque de l'explosion des premiers fourneaux *e*, pendant la nuit du 2 au 3, observant seulement, lors de la construction des batteries *B*, de placer quatre obusiers au lieu de trois sur les prolongemens des branches saillantes du chemin couvert, et d'avoir dans ces batteries cinq mortiers de huit pouces au lieu de trois.

Suite de la nuit du 2 au 3.

Aussitôt après l'explosion des fourneaux *e*, qui aura lieu trois heures avant le jour, les ingénieurs, suivis des travailleurs chargés de piquets de 1 à 3 mètres (3 à 9^{pieds}) de hauteur, de claies de 5 à 7 décimètres (18 à 24$^{pouc.}$) de hauteur, de cinquante paniers à mineurs, de masses, gabions, fascines, pelles et pioches, se porteront dans les entonnoirs pour les couronner et établir les communications avec les branches *b e*: pour exécuter cet ouvrage avec ordre et promptitude, il me semble que l'on peut y procéder comme il suit.

On couronnera d'abord la partie de l'entonnoir du côté de la place avec les gabions, qu'on remplira promptement au moyen des terres qui sont sous la main; on plantera ensuite de mètre en mètre les grands piquets à 2,60 mètres (8^{pieds}) de distance des gabions, de manière que leurs têtes soient à un mètre (3^{pieds}) en contre-bas du bord supérieur de l'entonnoir, et on placera en dedans de ces piquets un premier rang de claies: cela fait on disposera, sur trois points différens de la partie couronnée, trois chaînes de travailleurs, au *Fig. 42.*

moyen desquels et des paniers à mineurs on fera parvenir jusqu'en dedans des claies les terres de la partie du revers de l'entonnoir du côté de la campagne. Lorsque ces premiers remblais seront finis, on placera un second rang de claies destinées à soutenir un nouveau remblai, continuant ainsi jusqu'à ce qu'on soit parvenu à hauteur des têtes de piquets: alors le terre-plein sera terminé, et on y pratiquera, avec les piquets d'un mètre (3^{pieds}) et les claies de cinq décimètres (18^{pouces}), une petite banquette de 0,66 mètres (2^{pieds}) de largeur, que l'on remplira en écrétant les terres entre les gabions et le bord de l'entonnoir. Dans le temps qu'une partie des travailleurs sera occupée à cette banquette, les autres disposeront la rampe pour descendre aisément dans le fond.

Les mineurs et servans, qui se seront portés également dans les entonnoirs sitôt après l'explosion, travailleront, comme dans l'attaque précédente, au déblai du fond de l'entonnoir; et lorsque la galerie sera découverte, ils y feront, avec des sacs à terre remplis, deux barricades d'un mètre (3^{pieds}) d'épaisseur, 1,46 mètres ($4^{pieds}\,4^{pouces}$) de hauteur et 0,60 mètres (2^{pieds}) de largeur, distantes entre elles d'un mètre (3^{pieds}), et adossées, l'une au pied-droit de gauche, et l'autre à celui de droite, pour pouvoir pénétrer dans l'écoute. Quoiqu'il soit probable que l'effet des fourneaux *e* coupera la communication des auges aux boîtes et grenades qui pourroient se trouver sous les fourneaux, cela ne doit pas empêcher les mineurs de fouiller le dessous du sol de la galerie, et de profiter du moment où la fumée empêchera l'ennemi de s'y tenir, pour pousser cette fouille le plus avant qu'ils pourront,

Troisième jour.

Si on a bien employé les trois dernières heures de la nuit précédente, l'entonnoir se trouvera couronné au point du jour et le terre-plein du logement bien avancé : on continuera les travaux détaillés ci-dessus pour terminer cet ouvrage sous la protection des feux de toutes les batteries, et on combinera les moyens à y employer, de manière que dans l'après-midi ils soient finis.

Les canonniers s'empareront des emplacemens destinés aux batteries *D*, qui seront de trois obusiers; les mineurs blinderont les entrées des écoutes, où l'on tiendra quelques hommes armés d'espingolles.

Vers les trois heures après midi, on prolongera à la sape pleine les communications *b e* jusqu'à la capitale, suivant l'arc *e m e*, et chaque tête de sape n'ayant qu'environ 14 mètres (7 toises) à parcourir, elles se réuniront en *m* à l'entrée de la nuit.

Nuit du 3 au 4.

On convertira en place d'armes la portion circulaire *e m e*, et on y pratiquera des gradins de part et d'autre de la capitale : les canonniers y feront deux plate-formes pour mortiers de huit pouces, et y conduiront ces deux bouches à feu tirées de la seconde parallèle ; ils termineront aussi les batteries *D* qu'ils armeront.

On pratiquera également dans les communications *b e*, entre les points *b* et *D*, des gradins assez étendus pour que dix à douze hommes de front puissent aisément franchir le parapet.

Quatrième jour.

Au point du jour les nouvelles batteries joindront leurs feux à ceux des autres, les mortiers dans *e m e* tirant des grenades et boîtes remplies de grosses balles, dans la place d'armes *Y* près de ses traverses.

On garnira de grenadiers la banquette de l'entonnoir et celle de la portion circulaire *e m e*; on placera près des gradins entre *b* et *D* un détachement de cinquante hommes, et un piquet de cent hommes dans les communications derrière les batteries *B*.

On débouchera des entonnoirs par une sape double dirigée sur le milieu des écoutes; elle aura 1,30 mètres (4^{pieds}) de profondeur et 2,92 mètres (9^{pieds}) de largeur, ce qui fournira un couvert d'environ 2,40 mètres (7^{pieds}) de hauteur au-dessus du fond de la tranchée, et on y pratiquera des traverses de 8 en 8 mètres (4 en 4^{toises}) : chaque tête de sape sera suivie d'un nombre de travailleurs suffisant pour la convertir en tranchée à mesure d'avancement d'œuvre.

Le développement des ouvrages à faire à la sape pour arriver à 1,50 mètres (5^{pieds}) au-delà du centre de la case *d*, étant de 42 mètres (21^{toises}), on pourroit terminer dans environ douze heures, à raison de 90 mètres (45^{toises}) courans dans vingt-quatre heures, à cause de l'augmentation d'un tiers en sus de profondeur; mais on combinera le travail de manière à n'arriver au-delà de la case qu'à l'entrée de la nuit.

A mesure que les trois traverses se formeront, on les garnira de grenadiers tirés de l'entonnoir, où ils seront remplacés par ceux des communications *b e*, pour se porter en avant des têtes de sape et repousser l'assiégé dans le cas

où il tenteroit quelques petites sorties; car il est permis d'admettre que les sorties en force lui seront interdites, au moins pendant le jour, sous les feux de toutes les batteries, dont il seroit écrasé avant que d'avoir pu se former.

Dans l'après-midi les mineurs iront chercher au parc les objets nécessaires à la confection des puits qui doivent s'exécuter la nuit suivante à chaque attaque et à environ 2,30 mètres (7^{pieds}) de profondeur, avec les mêmes précautions que celles détaillées aux attaques précédentes; ils se pourvoiront aussi pour chaque puits d'un châssis à la hollandoise de 5 décimètres (18^{pouces}) en quarré sur 4 décimètres (14^{pouces}) de profondeur; de 100 kilogrammes (200^{lb}) de poudre en huit sacs de 12,50 (25^{lb}) chacun, et d'environ soixante sacs à terre remplis, par attaque, lesquels seront déposés aux entrées *e* des écoutes.

Deux heures avant la nuit on fera pénétrer dans les écoutes deux mineurs portant les couvre-corps dont j'ai parlé précédemment, suivis d'un troisième mineur portant un fort louchet, et de quelques grenadiers : après s'être avancés de 4 à 6 mètres (2 ou 3^{toises}), le mineur chargé du louchet fouillera le sol de la galerie pour briser les augets ou boîtes qui pourroient s'y trouver.

Si la sentinelle de la case *d* est encore à ce poste, comme il est à croire, le bruit de la marche et du travail de nos gens lui donnera l'éveil, et elle ne manquera pas de tirer son arme, ou d'appeler, ou enfin de donner le feu au piége qu'elle jugera à portée de nous. Comme nous n'avons d'autre objet que celui de nous assurer que l'ennemi occupe encore la case *d*, nos gens feront leur retraite vers *e* aussitôt que la sentinelle aura donné connoissance de sa présence.

Digitized by Google

Je viens de dire que je croyois que l'ennemi occuperoit encore les cases *d;* voici sur quoi je me fonde. En lui supposant même la résolution de sacrifier ces cases pour détruire nos travaux de sapes par l'explosion de fourneaux établis dans ses galeries, et de renoncer ainsi à toutes les dispositions des rameaux qui doivent déboucher de part et d'autre de la branche *d d;* il est clair que, puisque nous sommes maîtres des entrées *e,* il ne peut exécuter dans l'écoute *e d* le bourrage d'environ 9 mètres (27^{pieds}) qui doit avoir lieu dans chacune des galeries aboutissant à la case, pour obtenir au-dessus l'effet desiré : de là il suit que, ne pouvant remplir son objet, puisque l'effet des poudres se feroit dans l'écoute, je dois lui supposer trop d'intelligence pour croire qu'il tentera ce moyen, et en conclure par conséquent qu'au moment de notre reconnoissance les cases seront encore gardées.

Nuit du 4 au 5.

A l'entrée de la nuit on disposera les troupes ainsi qu'il suit :

Trente grenadiers derrière les trois traverses de la sape double sur l'écoute ;

Trente *idem* dans le terre-plein de chaque entonnoir ;

Cinquante *idem* dans la portion circulaire *e m e ;*

Cent fusiliers dans les parties *b D* des communications *b e ;*

Cent *idem* derrière les batteries *B;*

Cinquante hommes de corvée dans chaque entonnoir *e.*

Lorsque la tête de sape aura dépassé d'environ 2 mètres (6^{pieds}) le centre *d* de la case, on prendra d'une part la direction de la branche *d f* de l'enveloppe, dont le milieu de la galerie sera celui de la tranchée, et de l'autre part on se

prolongera sur le milieu de la transversale *d d* par une sape ordinaire d'un mètre (3^pieds) de profondeur; d'autres sapeurs déboucheront des points *K* pour former les demi-places d'armes *K P*.

Ces sapes n'ayant qu'un mètre de profondeur, s'exécuteront à raison de 120 mètres (60^toises) courans dans vingt-quatre heures.

Dans le même temps que les sapes doubles chemineront sur les deux retours ci-dessus, on fera une nouvelle reconnoissance dans l'écoute *e d*, où je vais supposer qu'on ne trouvera plus de sentinelle en *d*, admettant ici que l'assiégé, ayant reconnu notre intention, se sera décidé, pour nous arrêter, à tenter le sacrifice de la case et des parties de l'enveloppe qui l'avoisinent, et qu'en conséquence il pratiquera dans ces galeries, à 9 mètres (27^pieds) de la case, des fourneaux assez forts pour nous culbuter au-dessus. Mais pour employer ce moyen et en tirer un bon parti, il lui faut un bourrage de 16 mètres (8^toises) au moins d'étendue pour chaque fourneau; ce qu'il ne peut exécuter en moins de six heures de travail forcé, en y employant même les sacs à terre pour plus de célérité : ainsi notre seconde reconnoissance, qui se fera sans bruit, doit le trouver occupé au bourrage de la case; et en supposant même qu'il ait commencé ce bourrage après notre première entrée dans l'écoute, on aura encore plus de temps qu'il n'en faut pour rendre nul tout son travail. En effet, aussitôt qu'on en sera assuré, on fera avancer dans l'écoute environ quarante travailleurs disposés de mètre en mètre (de 3 en 3^pieds): les mineurs enlèveront la barricade, ou les étrésillons qui doivent retenir la tête du bourrage; ils débourreront sans peine et

sans danger les galeries, et arriveront ainsi jusqu'aux poudres sans que l'assiégé puisse y mettre obstacle.

Si notre seconde reconnoissance trouvoit encore à cette époque la sentinelle dans la case *d*, elle feroit sur-le-champ sa retraite vers *e*, pour recommencer cette manœuvre quelques heures après.

Ce court exposé suffit pour prouver que dès l'instant que nous serons maîtres des entrées *e*, et au moyen des petites reconnoissances, il sera impossible à l'ennemi d'opérer, par des fourneaux établis dans les parties de ses galeries qui avoisinent la case *d*, un effet un peu considérable sur nos têtes de sape. Je puis donc admettre qu'il ne pourra pas troubler, par ce moyen, notre travail de la nuit; et je prouverai bientôt qu'il ne lui en reste qu'un seul pour s'y opposer, en admettant encore le même sacrifice de sa galerie.

Lorsque la sape sur *df* aura parcouru environ cinq mètres (15 pieds), on fera une traverse, derrière laquelle s'établiront les mineurs, ce qui doit avoir lieu dans deux heures après l'entrée de la nuit. Ils se mettront à l'ouvrage en suivant exactement la marche indiquée dans la première partie de ce traité : les têtes de sape continueront leurs cheminemens sur les deux branches de l'enveloppe ; et à mesure qu'elles avanceront on y fera filer des grenadiers tirés des traverses, où ils seront remplacés de proche en proche, et dont deux seront en faction à portée des puits, sur de petites banquettes d'où ils puissent découvrir les glacis. Si pendant le travail l'ennemi tente une sortie, on se conduira comme il suit :

Aussitôt que les grenadiers en faction apercevront ou entendront la marche des premières troupes, ils crieront

aux

aux armes : à ce cri les sapeurs quitteront les têtes de sapes après avoir écarté le gabion farci ; les grenadiers placés dans les environs des puits et derrière les traverses de la sape double *e d*, sortiront à la course de la tranchée par les têtes de sape, pour aller se former en avant des puits et arrêter les premières troupes ennemies ; dans le même temps, les postes établis dans les entonnoirs, dans la portion circulaire *e m e*, et dans les communications *b e*, franchiront le parapet de la tranchée par les gradins qui y sont pratiqués, et se porteront pareillement à la course pour se former de droite et de gauche des grenadiers ; enfin les piquets derrière les batteries *B* suivront les précédens, pour opposer promptement à l'ennemi une masse d'hommes plus considérable que celle qu'il peut développer, en sorte qu'en admettant même qu'il lui soit possible de rassembler et de faire déboucher de sa place d'armes saillante *Y* un fort détachement, au milieu des obus et bombes dont elle se trouve accablée, nos premières troupes arriveront encore avant lui pour défendre l'approche des puits, qui sont l'objet principal à conserver.

La sortie étant repoussée, chaque chose rentrera dans l'ordre précédent.

Les puits seront à profondeur dans deux heures et demie environ : alors les mineurs pratiqueront, au niveau du fond et suivant la direction *d f*, un emplacement de 5 décimètres (18^{pouces}) en quarré sur 4 décimètres (15^{pouces}) de profondeur, pour recevoir le châssis à la hollandoise, et qui servira de fourneau. Ce dernier ouvrage pouvant être aisément terminé dans une demi-heure, j'en conclus qu'on sera prêt à charger cinq heures après l'entrée de la nuit.

Lorsque les deux puits de chaque attaque seront prêts,

on y descendra les huit sacs de poudre qui seront placés dans le fourneau, dont on fermera l'entrée par de forts madriers échancrés pour le passage du saucisson et fortement arc-boutés contre les parois du puits opposées au fourneau. Cet ouvrage exigera tout au plus une demi-heure, après quoi on fera filer les troupes dans les communications *b e*, et on donnera le feu aux deux puits en même temps.

Après l'explosion, vingt ou trente grenadiers, suivis des mineurs, se porteront à chaque entonnoir : les grenadiers iront occuper les parties de la tranchée conservées sur les directions *d f* et *d d*, lesquelles seront d'environ 10 mètres (5^{toises}), dans la supposition que l'entonnoir aura 8 mètres (4^{toises}) de diamètre supérieur, et que les travaux de sape n'auront pas été interrompus ; les autres détachemens de grenadiers et fusiliers retourneront à leurs premiers postes, ainsi que les sapeurs aux têtes de sape.

Les mineurs fouilleront les entonnoirs pour pénétrer dans les galeries entre les puits et les cases *d*, en se couvrant contre les feux qui pourroient partir de *f* ou de la barricade intermédiaire, par quelques parties des décombres du côté de *f*, et en creusant sous le sol de la galerie pour se garantir des piéges qui peuvent se trouver entre les puits et *d* ; au moyen de ces précautions ils n'auront aucun danger à courir, puisqu'en supposant même qu'il y eût encore quelques malheureux mineurs ennemis dans les cases *d* ou les branches *dd*, ils y seroient nécessairement pris, n'ayant aucune issue pour s'échapper. Lorsque les mineurs seront en *d*, on fera avancer par les écoutes *e d* les sacs à terre déposés aux entrées *e*, pour élever en avant des cases *d* et sur les directions *d f*, près des entonnoirs, deux barricades semblables à celles exé-

cutées aux entrées *e* pendant la nuit du 2 au 3 : ces barricades étant terminées, les mineurs achèveront d'enlever le plus gros des décombres de la galerie restés du côté de *f*, en se tenant couverts par le pied-droit et tirant à eux les débris; après quoi ils fermeront les communications des entonnoirs aux galeries par quelques poutrelles et madriers.

Si ces travaux sont exécutés avec ordre et bien payés, ils seront terminés dans deux heures; en sorte qu'il restera encore une heure de nuit, dont on profitera pour adoucir les communications de l'entonnoir aux trois branches de tranchée, en jetant sur les madriers qui ferment l'entrée de la galerie, les terres que fourniront les écrêtemens des tranchées, de manière à réduire la profondeur de l'entonnoir à environ 2,50 mètres (8^{pieds}). Enfin, au point du jour les sapes doubles sur *df* seront à environ 18 mètres (9^{toises}) de *d*, et les sapes ordinaires sur *dd* se seront jointes sur les capitales.

Cinquième jour.

On perfectionnera les ouvrages exécutés la nuit précédente; on convertira en place d'armes, avec gradins de droite et de gauche de la capitale, la tranchée sur la branche *d d*, et on y fera deux plate-formes de mortiers; on établira aux entrées *e* des écoutes un poste de trente hommes, dont dix seront détachés pour garder les barricades en avant des cases *d*: les demi-places d'armes *K P* qui, au jour, doivent avoir 44 mètres (22^{toises}) de longueur, seront poussées jusqu'à 50 mètres (25^{toises}), et on emploiera assez de travailleurs pour les mettre en état de recevoir la garde vers le midi.

Les obusiers dirigés contre les branches saillantes du chemin couvert, tous les mortiers des batteries *B* et ceux des

portions circulaires *e m e*, dirigeront une grande partie de leurs obus et bombes dans la partie du chemin couvert comprise entre les traverses saillantes et rentrantes, où se trouvent les seuls points, dans ce tracé, d'où l'on puisse enfiler les tranchées doubles sur *d f*.

Les mineurs reconnoîtront la branche *d d* de l'enveloppe, et la partie de la branche *d f* entre *d* et la barricade ; ils doivent y trouver des rameaux dirigés vers la place, au fond desquels ils se tiendront aux écoutes, ayant à portée d'eux tous les objets nécessaires à l'exécution de quelques fourneaux, dans le cas où le mineur ennemi se porteroit sur nous en prolongeant ses rameaux de premier étage qui doivent déboucher de sa galerie de contrescarpe.

On perfectionnera les communications des derniers entonnoirs aux sapes, dans le cas où elles n'auroient pu l'être entièrement pendant la nuit précédente.

Les sapes doubles sur *d f* continueront leurs cheminemens ; elles seront constamment suivies par les travailleurs qui devront les convertir en tranchées à mesure d'avancement d'œuvre.

Les détachemens de grenadiers et fusiliers destinés à protéger les travaux, occuperont les mêmes postes que la nuit précédente ; et à mesure que la place d'armes sur *d d*, les demi-places d'armes *K P* et les sapes doubles sur *d f* s'avanceront, on y fera filer des grenadiers qui seront remplacés de proche en proche.

Lorsque les sapes doubles sur *d f* auront dépassé de 6 mètres (3 toises) les traverses qui sont à 36 mètres (18 toises) de *d*, ou à 18 mètres (9 toises) du point où l'on étoit au lever du jour, ce qui doit avoir lieu, avec un peu d'activité, vers une heure après-midi, les têtes de sapes arrêteront leur marche,

et les mineurs procèderont à l'ouverture des puits, d'environ 2,60 mètres (8 pieds) de profondeur, établis entre les traverses *g*, en suivant toujours les mêmes procédés que ceux détaillés précédemment : ces puits seront à profondeur vers les quatre heures du soir; alors les mineurs ouvriront au fond un fourneau dirigé vers *f*, de 1 mètre (3 pieds) de hauteur sur 0,80 mètres (2 pieds) de largeur et 1,30 mètres (4 pieds) de profondeur, destiné à recevoir 1000 kilogrammes (2000 lb) de poudre dans quatre-vingts sacs de 12,50 kilogrammes (25 lb) l'un. Ce fourneau sera prêt vers les six heures; on le chargera de suite; on l'arc-boutera de la même manière que ceux de la nuit précédente, et on y donnera le feu à la tombée de la nuit.

Si pendant le travail des mineurs l'ennemi tentoit quelques sorties, on se conduiroit pour les repousser, comme il est dit précédemment, observant toujours de porter les premiers grenadiers au dehors de la tranchée pour arrêter les premières troupes de l'assiégé.

Avant que de continuer les opérations de l'attaque, il me semble qu'il convient d'examiner ici les moyens de défense extérieure et souterraine que l'assiégé peut employer pour nous arrêter.

1.° Ses moyens extérieurs se réduisent aux sorties et à la réunion du plus grand nombre de feux qu'il pourra diriger sur les prolongemens de nos sapes doubles. Je crois que l'on peut admettre que les sorties seront infructueuses, par suite des précautions prises pour assurer les têtes du travail, et pour multiplier les feux de l'artillerie sur tous les points où l'ennemi peut se rassembler. Quant à l'enfilade de la tranchée double, il n'est pas possible de l'éviter entièrement, et

de se garantir en même temps des explosions souterraines ; on ne peut qu'en diminuer les dangers, en faisant les tranchées profondes et fréquemment traversées, et en réunissant contre les points de défense situés sur leurs prolongemens les feux suivis de toutes les pièces d'artillerie qui peuvent avoir vue dessus.

2.° Il est facile de prouver, ainsi que je l'ai avancé, que si l'ennemi ne vent pas faire l'entier sacrifice de ses écoutes et de son enveloppe, il ne pourra arrêter notre marche par aucune explosion souterraine un peu considérable. En effet, c'est un principe reçu parmi les mineurs, qu'un fourneau destiné à produire un entonnoir d'un diamètre double de sa ligne de moindre résistance, doit être éloigné d'une galerie à conserver d'environ 2 fois, ou au moins 1,75 fois cette ligne de moindre résistance, à moins que le terrain de dessous ne soit d'une plus forte consistance que celui de dessus, comme cela se trouve à la double couronne de Belle-croix à Metz, où le dessus est d'argile ferme, et le dessous de carrière de pierres dures ; et que cette distance à la galerie doit augmenter si l'on augmente la charge sous la même ligne de moindre résistance : il est pareillement admis que tout fourneau ou fougasse doit avoir au moins 2,60 mètres (8^{pieds}) de ligne de moindre résistance, pour produire quelque effet sensible sur des tranchées ou têtes de sape.

Fig. 43. Pour faire l'application de ces principes à l'enveloppe *A* située à 6,50 mètres (20^{pieds}) de profondeur, dans un terrain à peu près homogène, il faut que le fourneau *F* soit placé de manière que sa distance *FD* à l'intrados de la voûte de la galerie, soit égale à 1,75 de sa ligne de moindre résistance *FC*, dirigée vers le fond de la tranchée ; or il est visible que

BD étant $=$ 3,25 mètres (10^{pieds}), le fourneau H, placé sous l'aplomb du milieu de la tranchée n'auroit que 1,18 mètres (4^{pieds}) de ligne de moindre résistance; ce qui n'est pas admissible, puisque le ciel du rameau se trouveroit à 2 décimètres ($7\frac{1}{2}^{pouces}$) seulement au-dessous du sol de la tranchée. Cherchons présentement quelle peut être la position et la hauteur de la ligne de moindre résistance d'un fourneau, pour que son effet puisse embrasser au moins la moitié de la largeur de la tranchée.

Soit F le fourneau dont nous cherchons la position; sa ligne de moindre résistance CF sera égale au rayon CB de son entonnoir; et ce rayon sera composé de deux parties, l'une $GB =$ à la moitié de la tranchée, et l'autre CG qui est inconnue. Nommons donc $BD =$ 3,25 mètres (10^{pieds}) $= a$; $GB =$ 1,30 mètres (4^{pieds}) $= b$ — $CG = x$: on aura $CB = CF = EF = b + x$; $ED = a - b - x$; $DF = \frac{7}{4}(b + x)$. Or $\overline{DF}^2 = \overline{EF}^2 + \overline{DE}^2$, dont $\overline{\frac{7}{4}(b+x)}^2 = \overline{(b+x)}^2 + \overline{(a-b-x)}^2$: résolvant cette équation, on trouvera $x =$ 0,41 $a - b =$ 4,1 $-$ 4 $=$ 0,1; c'est à-dire que CG est presque zéro, et que par conséquent le rayon du grand cercle de l'entonnoir sera $GB =$ 1,30 mètres (4^{pieds}); et que, puisque ce rayon est égal à la ligne de moindre résistance, il s'ensuit que, pour remplir les conditions énoncées ci-dessus, le fourneau F doit être établi en K, sous l'aplomb de G et à 1,30 mètres (4^{pieds}) de GB, ce qui n'est pas plus admissible que celui ci-dessus de 1,18 mètres ($3\frac{1}{2}^{pieds}$).

Voyons présentement quelle peut être la position et la hauteur de la ligne de moindre résistance d'un fourneau M, dont l'effet se termineroit à la partie supérieure I de la

tranchée. Dans ce cas la ligne de moindre résistance doit se compter par rapport à NI, et on aura $DL = 4{,}55$ mètres (14^{pieds}) $= a$; $NL = MP$ sera composé du rayon NI de l'entonnoir, qui est égal à la ligne de moindre résistance, plus $IL = 1{,}46$ mètres (5^{pieds}); nommons donc $NI = MN = x$, et $IL = b$: on aura NL ou $MP = b + x$; $PD = a - x$; $MD = \frac{7}{4}x$: donc $(\frac{7}{4}\overline{x})^4 = \overline{(b+x)}^2 + \overline{(a-x)}^2$. Résolvant cette équation on trouvera $x = 2{,}60$ mètres (8^{pieds}), c'est-à-dire que le seul fourneau d'une ligne de moindre résistance admissible que l'ennemi puisse employer contre nous, n'aura que 2,60 mètres (8^{pieds}) de ligne de moindre résistance, et ne produira d'autre effet qu'un entonnoir dont le grand cercle sera tangent à l'arête supérieure I de la tranchée, qui ne pourra par conséquent être ouverte que sur quelques pieds au plus : c'est donc avec raison que j'ai avancé que si l'assiégé n'est point décidé au sacrifice de son enveloppe, il ne pourra arrêter notre marche par aucune explosion souterraine de quelque importance.

Avant que de terminer cet article il est bon d'observer que j'ai rapporté l'effet du dernier fourneau M à la clef de la voûte D, tandis que dans le fait cet effet se porteroit au point a de l'arc, dont la distance en M est de 0,33 mètres (1^{pied}) moindre que DM; en sorte que pour mettre la galerie hors de tout danger il faudroit ne donner que 2,43 mètres ($7\frac{1}{2}^{\text{pieds}}$) de ligne de moindre résistance. On peut aussi se convaincre aisément que les fourneaux qui seroient situés sur quelques-uns des plans horizontaux compris entre le sol de la galerie et la clef de sa voûte, ne pourroient pas remplir l'objet proposé, et s'en éloigneroient d'autant plus qu'ils seroient situés dans des plans plus voisins de celui du sol de la galerie.

Observons

Observons enfin que si l'on place un fourneau V de manière que sa ligne de moindre résistance soit dirigée vers l'arête inférieure G, cette condition ne pourra être remplie qu'avec une fougasse de 2,27 mètres (7^{pieds}); et encore le fourneau sera-t-il aussi près de la surface X du terrain que de l'arête G, ce qui doit partager son effet et diminuer par conséquent de moitié son action sur la tranchée.

3.° Si l'ennemi est décidé au sacrifice de son enveloppe, il ne pourra nous arrêter que pendant quelques jours, et encore dans la supposition que les foibles moyens dont il pourra disposer seront préparés à l'avance. En effet, je crois avoir prouvé ci-devant que, lorsque nous serons maîtres des entrées e des écoutes, l'assiégé ne pourra plus faire jouer de mines dont les fourneaux seroient placés dans les galeries mêmes; il sera donc obligé d'en construire de droite et de gauche, et de les placer de manière que leur distance à l'intrados de la voûte soit plus grande que les lignes de moindre résistance, afin que la plus grande partie de l'effet se décide vers la tranchée : admettant que, pour obtenir ce plus grand effet, la plus courte distance du fourneau à la galerie doit être de 0,20 mètres (1^{pied}) en sus de la ligne de moindre résistance, alors il est clair que si l'on veut placer le fourneau sous l'aplomb du milieu B, il ne pourra avoir que 1,48 mètres (5^{pieds}) de ligne de moindre résistance, ce qui n'est pas admissible.

Si l'on place le fourneau F' sous l'aplomb G', la ligne $F'G'$ ne sera que de 1,62 mètres (6^{pieds}), et par conséquent elle n'est point admissible.

Si l'on veut que le fourneau M', placé sur le flanc de la tranchée, puisse y produire le plus grand effet possible, il

faut que sa ligne de moindre résistance $M'\ G'$ soit dirigée vers l'angle du fond G'; que sa distance $M'\ c$ de l'arc de la voûte soit de 0,20 mètres (1^{pied}) plus grande que $M'\ G'$, et que sa distance $M'\ N'$ de la surface du terrain soit au moins de cette quantité plus grande que $M'\ G'$: et ces conditions ne peuvent être remplies qu'en faisant $M'\ G' = 2{,}60$ mètres (8^{pieds}); $M'\ c = 3{,}08$ mètres ($9^{pieds}\ 2^{pouces}$), et $M'\ N' = 3{,}25$ mètres (10^{pieds}).

Si on place un fourneau P dans le plan horizontal passant par la naissance de la voûte, c'est - à - dire, à 5,03 mètres ($15^{pieds}\ 1^{pouce}$) de ligne de moindre résistance, alors il faudra que $P\ A = Q\ L$ soit de 6,50 mètres (20^{pieds}); et attendu que $I\ L = 1{,}46$ mètres (5^{pied}), il est clair que le grand cercle de l'entonnoir se terminera à l'arête supérieure I' de la tranchée.

Quant aux fourneaux m, n, p, de 4,55, 3,90 et 3;25 mètres (14, 12 et 10^{pieds}) de ligne de moindre résistance rapportée à la surface du terrain, et qui sont intermédiaires entre ceux P et M', leurs effets sur la tranchée croîtront à mesure que la ligne de moindre résistance diminuera, de manière que celui en m ne fera qu'écréter l'arête I' de quelques pouces; celui en n l'écrêtera de 0,33 mètres (1^{pied}), et celui en p de 0,66 mètres (2^{pieds}).

Enfin, si l'on veut placer le fourneau à égale distance de la voûte de la galerie, de l'arête inférieure G' et de la surface du terrain, le fourneau R d'environ 4 mètres (2^{toises}) de ligne de moindre résistance remplira cet objet; mais je doute que son effet, qui se répartira au même instant sur trois points différens, puisse être considérable sur la tranchée, où je crois qu'il se bornera à un simple affaissement.

Digitized by Google

Résumant ce qui vient d'être dit dans les deux derniers numéros, sur les moyens de défense souterraine de l'assiégé, on en conclura,

1.° Que s'il veut conserver sa galerie, il ne pourra agir immédiatement sous la tranchée et même sous son flanc, que par des fougasses trop foibles pour mériter attention;

2.° Que s'il est décidé au sacrifice de sa galerie, il ne pourra pareillement atteindre le fond de la tranchée que par de trop-petites fougasses, et le plus grand effet qu'il puisse espérer sur le flanc sera celui de la fougasse M', de 2,60 mètres (8^{pieds}); car il me semble que l'on ne doit pas compter pour beaucoup les effets des fourneaux m, n, p, qui écrêteroient de quelques pieds l'arête I';

3.° Enfin, que, pour que l'ennemi puisse tirer parti de ces foibles moyens, il faut qu'ils soient préparés à l'avance; autrement il ne pourroit en exécuter que très-peu, faute du temps nécessaire à leur construction.

J'ai cru devoir entrer dans ces détails pour justifier ce que j'ai avancé, que si l'ennemi veut conserver ses galeries il ne pourra nous arrêter par des explosions souterraines un peu considérables; et qu'en faisant le sacrifice de ses galeries, il ne pourra nous arrêter pendant quelques jours que dans le cas où ses moyens seroient préparés à l'avance, soit qu'il débouche de son enveloppe ou des premiers rameaux qu'il doit avoir sous la crête des glacis, pour se porter sous la tranchée.

Continuons présentement la marche de l'attaque, en faisant observer que les fourneaux que nous avons fait jouer à la tombée de la nuit du cinquième jour ont pour objet de détruire, par de fortes explosions, les fougasses que l'ennemi

pourroit préparer en débouchant du derrière de sa barricade intermédiaire, ou de ses premiers rameaux sous la créte des glacis, pour se porter sous nous.

Nuit du 5 *au* 6.

A l'entrée de la nuit on amènera, dans chaque place d'armes *d d*, les deux pierriers dont les plate formes ont été préparées le jour précédent, et ils entreront sur-le-champ en action pour joindre leurs feux à ceux des autres batteries contre les places d'armes *Y*, mais plus particulièrement encore entre les traverses saillantes et rentrantes des branches du chemin couvert.

On tiendra dans les demi-places d'armes *K*, *P*, environ soixante grenadiers prêts à déboucher par les extrémités pour se porter en avant sur les sorties que l'assiégé pourroit tenter contre les têtes de nos travaux.

Les travailleurs se rendront dans les entonnoirs, que je suppose de 20 mètres (10^{toises}) de diamètre, pour établir les communications avec la tranchée conservée vers *d*, et faciliter les moyens de continuer la sape; ils y feront, avec des gabions et les terres des côtés, une traverse placée à peu près au milieu : comme ce travail ne sera pas sans danger, je compterai la nuit entière pour le terminer.

Du 6 *au matin au* 8 *au soir.*

Au lever du sixième jour, les têtes de sapes déboucheront des entonnoirs pour continuer leur marche sur les branches *df*, et désormais elles seront suiviespar un détachement de mineurs. Ces mineurs seront chargés des outils et poudres nécessaires pour fouiller les entonnoirs des fougasses que le mineur assiégé pourroit faire jouer, placer à quelques pieds dans leur bour-

rage environ 500 kilogrammes (1000^{lb}) de poudre arc-boutés contre les parois de l'entonnoir, et y donner le feu tout de suite.

Si les travaux de ce jour n'étoient pas interrompus, les têtes de sape seroient à l'entrée de la nuit en *f:* mais admettons que l'ennemi sera en état d'exécuter avec succès, sur la longueur *qf* de 44 mètres (22^{toises}), quatre fougasses, ce qui est tout ce qu'il pourra faire, parce que je suis persuadé que chacune de nos explosions de 500 kilogrammes (1000^{lb}) détruira les autres dispositions à 6 mètres (3^{toises}) à la ronde; alors il faudra douze heures au plus pour réparer les désordres résultant de chaque explosion des fougasses ennemies, y compris ceux que produiront nos 500 kilogrammes (1000^{lb}) de poudre. Il faudra donc deux journées, en sorte qu'au lieu d'arriver en *f* à l'entrée de la nuit du sixième jour, nous n'y arriverons qu'à l'entrée de la nuit du huitième jour.

Nuit du 8 *au* 9; *neuvième jour, et nuit du* 9 *au* 10.

On combinera la marche des sapes de manière à ce qu'elles arrivent en *f* à la tombée de la nuit; alors elles se dirigeront sur *ff* pour se rencontrer à la fin de la nuit sur le milieu de la capitale rentrante: une autre brigade de sapeurs se dirigera sur *fX* ou *fg*, où elle fera une simple tranchée de 1,30 mètres (4^{pieds}) de profondeur, autant de largeur, et environ 4 mètres (2^{toises}) de longueur, à l'extrémité de laquelle les mineurs s'établiront pour descendre un puits sur l'écoute *fX*, et la détruire par l'explosion d'environ 100 kilogrammes (200^{lb}) de poudre; ils fouilleront l'entonnoir, et établiront dans la galerie un masque de sacs à terre, le tout ainsi qu'il a été détaillé précédemment.

Ces travaux seroient terminés dans la nuit du 8 au 9. si l'ennemi n'y mettoit pas obstacle; mais j'admettrai ici qu'ils ne pourront l'être que pendant la nuit du 9 au 10, parce qu'il est à présumer que l'assiégé aura réuni sur ce point ses plus grands moyens de résistance.

Dixième jour.

On préparera les tranchées et on fera les autres dispositions nécessaires pour l'attaque du chemin couvert.

Nuit du 10 *au* 11.

On attaquera le chemin couvert, en suivant les procédés détaillés précédemment.

Du onze au dix-septième jour.

On terminera les travaux détaillés ci-devant pour arriver à l'époque de l'assaut au corps de place.

Je puis donc, en suivant cette marche, être maître de la place après quinze journées de siége, à compter du moment où l'on a débouché de la troisième parallèle pour se porter sur les glacis; à quoi ajoutant encore, si l'on veut, cinq journées en sus, attendu que j'ai déjà tenu compte d'une partie du temps nécessaire pour vaincre la résistance de l'assiégé, le tout ne fera encore que vingt journées : ce qui diffère beaucoup de ce qu'il faudroit si l'on suivoit la marche ordinaire pour parcourir les glacis.

Ces deux exemples me paroissent suffisans pour diriger la marche que l'on peut avoir à suivre dans d'autres cas, d'après les connoissances que l'on aura des localités et des dispositions de l'assiégé.

Digitized by Google

TRAITÉ

DE LA

FORTIFICATION SOUTERRAINE.

CINQUIÈME PARTIE.

Défense particulière d'une demi-lune composée ou d'un bastion avec contre-garde.

Lorsque les demi-lunes composées ont assez de saillie pour forcer l'assiégeant à les réduire entièrement avant que de pouvoir approcher le bastion qu'elles couvrent, il est toujours possible d'augmenter considérablement leur résistance propre, en y employant les mines, d'abord sous les branches, ensuite sous le réduit. Ce moyen de défense est ici d'une application générale, soit pour des constructions nouvelles à grandes demi-lunes, soit pour l'amélioration de celles de nos anciennes places dont les demi-lunes couvrent les bastions : il n'exige pour celles-ci que de rendre pleins les réduits s'ils sont vides. En bornant à 3,25 mètres (10 pieds) de ligne de moindre résistance les fourneaux sous le terre-plein du réduit, ce moyen peut s'appliquer partout où le commandement du réduit sera d'environ 6 mètres (3 toises) au-dessus des eaux, bien entendu

qu'alors l'effet sera le moindre possible et qu'il croîtra avec l'augmentation de ce relief. Il prolongera la durée de la résistance du front autant et peut-être plus que l'addition de plusieurs ouvrages extérieurs, et les dépenses de construction ne seront pas à beaucoup près aussi considérables, n'exigeant pour son exécution que quelques mineurs de plus, et, si l'on veut encore, l'établissement d'un petit magasin à poudre qui se place partout : il pourra convenir aux petites comme aux grandes places, lorsque les demi-lunes couvriront les bastions, et donner par conséquent au front d'attaque des premières le moyen de résister aussi long-temps que celui des secondes, supposé protégé par un couronnement d'ouvrages extérieurs qui ne seroient pas défendus par les mines.

Tels sont les avantages qui me paroissent devoir résulter de ce moyen de défense ; je vais les développer en l'appliquant à une demi-lune composée que je suppose à construire, dont les branches auroient 116,40 mètres (350 pieds) de longueur et 5,2 mètres (15 pieds) de commandement sur la campagne. J'admettrai les fossés secs et 5,85 (18 pieds) de hauteur à la contrescarpe ; mais tout ce que je vais dire s'appliqueroit également au cas où l'eau se trouveroit à environ 2,60 mètres (5 pieds) au-dessous du niveau de la campagne.

Tracé des grandes et moyennes galeries de communication.

Pl. 8, fig. 44. 1.° La caponnière du grand fossé aboutit à l'entrée d'une galerie sous la capitale, qui conduit aux casemates *A*, adossées à l'escarpe d'un retranchement dans l'intérieur du réduit, revêtu en maçonnerie et placé de manière que son parapet puisse servir de parados aux petits flancs, sans gêner le service de leur artillerie. La largeur du fossé de ce retranchement sous

sous la capitale doit être proportionnée à l'étendue que l'on se propose de donner aux casemates ; mais il faut toujours conserver sur le terre-plein, entre la contrescarpe et l'angle du parapet, l'espace nécessaire pour placer au moins deux pièces de canon : cette largeur est ici d'environ 12 mètres (6 toises), mais elle peut être réduite à 9 ou 10 mètres (27 ou 30 pieds).

2.° En longeant le mur de la gorge du réduit, j'arrive aux galeries adossées à l'escarpe des flancs et d'une partie des faces ; ces galeries communiquent au fossé *B* du réduit et à celui *C* de son retranchement intérieur.

3.° J'adosse à la contrescarpe du retranchement une galerie dont les entrées sont vis-à-vis les débouchés des galeries précédentes dans le fossé *c*, et près des escaliers qui montent au terre-plein ; et j'établis en avant, sous la capitale, une galerie d'écoute.

4.° La communication *B* au fossé du réduit me conduit, couvert par la demi-caponnière de ce fossé, à l'entrée *D* de la galerie adossée à la contrescarpe de la branche, et sur tout son pourtour ; cette galerie communique à un grand souterrain *E*, propre à contenir un poste de trente à quarante hommes, et au fossé *F* d'une coupure *G*, sur le terre-plein de laquelle on arrive par les marches d'escalier et la rampe *H* : on voit, sur l'étendue de cette galerie de contrescarpe, différens bouts de demi-galeries, ainsi que les emplacemens ponctués des magasins d'entrepôt *a a*.

Au moyen de ces dispositions de galeries, les communications du mineur sont assez couvertes, et on reste maître des entrées des galeries à la gorge du réduit, jusqu'après la prise de son retranchement ; on voit aussi que, par suite de

l'emplacement des différens escaliers qui conduisent aux terre-pleins des branches et du réduit, le service des détachemens destinés à charger l'ennemi après l'explosion des mines se fera très-promptement, et leur retraite se trouvera également prompte et assurée.

Disposition des fourneaux sous les branches.

Je me suis proposé ici deux objets : 1.° de bouleverser entièrement tout l'espace que les batteries de l'assiégeant peuvent occuper, entre la brèche au saillant et l'arrondissement de la contrescarpe, pour contrebattre le bastion et le mettre en brèche par la trouée du fossé du réduit ; 2.° de détruire le parapet des branches et verser les terres dans le fossé sous toute l'étendue que l'ennemi pourroit occuper par ses batteries destinées à ouvrir le réduit, de manière à ne conserver de niveau que la largeur du terre-plein du côté de la contrescarpe, et taluter le surplus d'environ 5 mètres (15^{pieds}) vers l'escarpe.

La disposition de la tige *q* est destinée à remplir le premier objet ; ses quatre fourneaux doivent jouer ensemble : *Fig.* 46. la coupe sur *a b* fait voir qu'ils sont placés à environ 2 mètres (1^{toise}) au-dessous du niveau de la campagne, et qu'ils auront près de 4 mètres (2^{toises}) de ligne de moindre résistance, au-dessous du talus de la brèche, supposé dirigé suivant la ligne 2 3 4 et 5 ; de manière qu'après la brèche faite et le jeu des fourneaux *q*, la coupe du terrain sur *a b* sera à peu près de même forme que celle exprimée 2 3 4, *e f g h*, qui présentera à l'assiégeant des difficultés presque insurmontables dans l'exécution de ses batteries entre la brèche et l'arrondissement de la contrescarpe.

Digitized by Google

Les quatre fourneaux de la girandole *P* et ceux de la disposition suivante sont destinés à remplir le second objet ; les premiers *P*, dont on voit le détail *fig.* 45, doivent jouer ensemble, et ils sont accolés de très-près, parce qu'il s'agit ici d'opérer sous ce point un grand effet concentré : la coupe sur *c d* fait voir que tous les fourneaux sous les branches sont établis à un mètre (3^pieds) au-dessous du niveau de la campagne, et que leur ligne de moindre résistance, de 5,20 mètres (16^pieds), est dirigée vers l'escarpe, en sorte qu'après leur effet la coupe de la branche sera exprimée à peu près par *n o p q*, dont la partie de niveau *p q*, d'environ 6,82 mètres (21^pieds), est trop étroite pour des batteries, et présente vers le niveau de la campagne un masque d'environ 11 mètres (33^pieds), qui ne peut être détruit que par l'effet de plusieurs mines. *Fig.* 47.

La disposition *I R* ne diffère de celle *P* que par plus d'écartement entre les fourneaux.

Conduite du mineur assiégé dans l'exécution des dispositions de mines sous les branches de la demi-lune, et aperçu des effets qui doivent en résulter.

Aussitôt que la brèche faite par l'assiégeant sera praticable, on chargera et bourrera les dispositions *q* et *P*, pour les faire jouer successivement lorsque l'ennemi s'établira au-dessus de la brèche, et sans attendre qu'il y soit entièrement logé, afin d'en assurer l'effet dans tous les cas.

Après l'explosion de ces fourneaux, l'assiégé débouchera des amorces *u* et *y* pour exécuter les rameaux *y r* et *y v* : il établira un fourneau à chaque extrémité des premiers, et il sera en état d'y donner le feu vingt-quatre heures après l'ex-

Digitized by Google

plosion des précédens; au moyen de quoi tout le terrain destiné ordinairement aux batteries de l'assiégeant, soit contre les bastions, soit pour ouvrir le réduit, sera entièrement bouleversé. Enfin il se tiendra aux écoutes aux extrémités des autres rameaux *y z*.

Dans cet état de choses on pourra attendre, et régler la conduite à tenir par rapport à la disposition suivante *R* sur la marche de l'assiégeant, pour l'exécuter à fur et à mesure de ses progrès : mais quel parti pourra-t il prendre après le jeu des mines? c'est ce qu'il faut examiner.

1.° Si, pour établir ses batteries entre la brèche et l'arrondissement de la contrescarpe, il tente de combler l'énorme fondrière dont les arcs ponctués en rouge expriment les limites sur le plan, et dont les points 5 4 *e f g h* du profil re- *Fig. 46.* présentent la profondeur, quel travail immense n'aura-t-il pas à faire pour transporter et damer les terres nécessaires à ce remplissage; et quelle perte de temps et d'hommes n'aura-t-il pas à essuyer, surtout si par suite du tracé les demi-lunes collatérales peuvent prendre des revers sur celle de l'attaque?

2.° L'établissement des batteries sur les branches, pour ouvrir le réduit, me paroît également presqu'impossible au-dessus des dispositions *P* et *R*; car on ne peut guères ad- *Fig. 47.* mettre qu'il puisse réussir à combler le rampant *n o p* jusqu'à la hauteur de *p q*, sous les feux de la place et des ouvrages collatéraux.

3.° S'il prend le parti de renverser, par l'effet de plusieurs mines, le masque de terre *o p q x*, pour pouvoir battre la face du réduit depuis la crête des glacis, le voilà alors exposé aux longueurs de la guerre souterraine et aux chicanes du mineur assiégé, toujours maître de sa galerie de contrescarpe : il fau-

dra ensuite construire une nouvelle batterie vis-à-vis la trouée faite à la branche; ce qui ne sera pas une petite affaire, surtout si, par la suppression du chemin couvert dans cette partie, il se trouvoit forcé de l'établir sur la crête même du glacis, puisqu'alors il seroit attaqué de flanc par les feux du corps de place et du réduit de la place d'armes rentrante, et à dos par ceux de la demi-lune collatérale.

4.° Enfin, si, renonçant à ouvrir le réduit avec le canon, il se décide à attacher le mineur à son escarpe, il ne pourra y faire brèche qu'après d'immenses travaux : car il sera obligé de renverser la contrescarpe de la branche et d'éprouver auparavant les chicanes souterraines ; il faudra faire un passage de fossé pour assurer le logement de son mineur, ouvrage d'une exécution difficile sous le feu de la partie du bastion qui voit dans ce fossé et qui, d'après ce qui précède, ne peut être contre-battue.

Enfin, il retombera encore dans les longueurs de la guerre souterraine, avant que de pouvoir faire brèche à l'escarpe, par la facilité qu'aura le mineur assiégé de déboucher de l'écoute préparée sous la capitale du réduit pour se porter sur lui, ainsi qu'on va le voir.

Je ferai observer d'abord que la disposition de fourneaux *R* se trouve à-peu près sous l'emplacement du logement que l'assiégeant pourroit chercher à établir, pour voir dans l'intérieur du réduit de la place d'armes rentrante, et qu'après le jeu de ces fourneaux l'établissement de ce logement devient presqu'impossible sous le feu de la coupure *G* placée à l'extrémité de la branche.

Dispositions des rameaux sous le réduit.

D'après la persuasion où je suis que le parti le moins incertain que puisse prendre l'assiégeant est d'attacher son mineur à l'escarpe du réduit, j'ai cherché à pouvoir me porter aisément à sa rencontre et retarder l'établissement de ses fourneaux de brèche : on voit que l'écoute sous la capitale en avant du retranchement me donne la facilité de diriger de chaque côté plusieurs bouts de rameaux, de droite et de gauche des contre-forts sur chaque face, pour culbuter, jusqu'à la galerie de contrescarpe, le travail du mineur assiégeant partout où il se présentera, empoisonner sa galerie, et le forcer à pratiquer ailleurs une autre ouverture, où il éprouvera le même sort. Quant au restant de l'étendue de la face jusqu'à l'épaule, il n'est pas à supposer que l'ennemi puisse y percer l'escarpe et entrer impunément, soit dans le fossé du retranchement sous le feu des casemates, soit dans les galeries, où l'assiégé peut être assez en force pour l'empêcher d'y pénétrer.

Enfin, après la mise en brèche de l'escarpe du réduit (que l'on peut retarder long-temps, en joignant à la défense souterraine les sorties débouchant des communications *B* et *D*, assez fortes pour replier la garde des mineurs assiégeans, et suivies de quelques travailleurs pour détruire le travail commencé avant ou après le jeu des mines), l'assiégeant sera encore forcé d'établir du canon sur le bord de la contrescarpe du retranchement, pour détruire les casemates et obliger l'assiégé à évacuer entièrement le réduit; et l'on pourra rendre difficile la construction de cette batterie, en plaçant deux petits fourneaux aux angles des pieds-droits de la galerie de

contrescarpe et de celle d'écoute, pour détruire la case que forment ces galeries de droite et de gauche de la capitale, et occasioner par ce moyen un affaissement considérable des terres du terre-plein.

Si les branches de la demi-lune avoient 136 mètres (68^{toises}) au lieu de 116 (58^{toises}), la capacité du réduit croîtroit dans la même proportion, et alors il seroit possible, ainsi qu'on le verra ailleurs, de donner au retranchement du réduit une autre forme, et de placer en avant de sa galerie de contrescarpe deux gros fourneaux qui, ôtant à l'assiégeant tout moyen d'y établir son canon pour détruire les casemates, le réduiroient encore à la nécessité d'attacher son mineur à l'escarpe de ce retranchement; ce qui ne seroit pas une petite affaire sous le feu des casemates, pour un assiégeant exposé aux charges que peût exécuter l'assiégé en débouchant en force de ses galeries adossées à l'escarpe des flancs et d'une partie des faces.

Les demi-galeries et rameaux lavés en bistre doivent être exécutés avant le logement de l'assiégeant sur la brèche de l'ouvrage : les rameaux lavés en noir s'exécuteront sous les branches après le jeu des fourneaux qui les précèdent, et sous le réduit, lorsque l'assiégeant attachera le mineur à son escarpe.

Deux brigades de mineurs travaillant jour et nuit par tiers, et se reposant douze heures sur dix-huit, ce qui demande un détachement de trente hommes, exécuteront dans dix journées au plus toutes les demi-galeries et rameaux sous les branches, et dans deux journées au plus, l'écoute sous la capitale du réduit. Cet aperçu suffit pour se régler d'après le temps et le nombre de mineurs disponibles.

Tels sont les moyens de défense que l'on peut employer sous les demi-lunes qui ont assez de saillie pour obliger l'ennemi à les réduire entièrement; moyens qui sont applicables aux bastions couverts par des contre-gardes: leur dépense seroit certainement beaucoup moindre que celle d'une simple lunette revêtue en avant du glacis, tandis que les effets pour la durée de la résistance seroient infiniment plus grands; mais surtout on ne doit pas perdre de vue qu'il ne faut dans la place que quelques mineurs en sus de la garnison ordinaire, et une augmentation de quelques milliers de poudre.

Il me reste, pour terminer l'instruction sur les mines, à rendre compte de l'usage qu'on pourroit en faire pour la défense des bastions de nos anciennes places, et les mettre par ce moyen en état de soutenir l'assaut sans en craindre les suites, en forçant l'assiégeant à s'arrêter long-temps sur les brèches.

TRAITÉ

TRAITÉ

DE LA

FORTIFICATION SOUTERRAINE.

SIXIÈME PARTIE.

Défense des bastions des anciennes places.

Si la France élève un jour de nouvelles fortifications, elle pourra prolonger presqu'à volonté la durée de leur résistance, soit par le tracé, soit par l'application de la défense souterraine. On peut aussi améliorer nos anciennes places de premier et second ordres, en y faisant les dépenses proportionnées à leur degré d'importance; mais celles de ces anciennes places qui sont du troisième ordre et au-dessous de dix côtés ayant trop peu de capacité pour permettre l'addition d'ouvrages extérieurs, et le peu de saillie de leurs demi-lunes permettant presque toujours d'arriver sur les bastions en même temps que sur elles, on ne peut augmenter leurs moyens de résistance qu'en appliquant la défense souterraine à ceux des bastions existans qui en sont susceptibles.

Je vais présenter mes idées sur cet objet, qui me paroît assez important pour mériter l'attention du Gouvernement,

puisqu'il peut résulter de son application un moyen assuré pour soutenir l'assaut dans la plus mauvaise place, et retarder encore sa reddition long-temps après le logement de l'assiégeant sur la brèche du bastion. Mais je préviens que ce qui suit ne peut être exécuté que sur les anciens fronts dont les courtines sont couvertes par des tenailles ; car ceux qui en sont dépourvus me paroissent être dans un état d'incurabilité qui ne peut cesser que par l'addition de ces ouvrages couvrans.

Pl. 9. La figure 48 de la planche 9 représente deux fronts de notre ancien hexagone : dans l'un, les bastions sont à orillons, et les faces de la demi-lune, dirigées aux épaules, ont 87,30 mètres (45^{toises}) de longueur ; le troisième bastion est à flanc droit, et les faces de la demi-lune, dirigées à 9,70 mètres (5^{toises}) en avant de l'épaule, ont 97 mètres (50^{toises}) de longueur. Dans le bastion n.° I est un magasin avec une traverse de communication voûtée ; les deux autres sont entièrement pleins.

La première chose dont je me suis occupé a été de pourvoir au moyen d'éviter la mise en brèche de la courtine par la trouée de la tenaille, et il m'a paru qu'on pouvoit aisément y parvenir en couvrant cette partie de la courtine par un masque en terre. Lorsque les flancs sont à orillons, je dispose ce masque comme on le voit en *a*. Il est appuyé d'une part à la tenaille, et, du côté de la courtine et du flanc, il est soutenu par un mur ; il s'élève jusqu'à la hauteur du parapet de la tenaille, où il est réduit à 5,20 mètres (16^{pieds}) d'épaisseur, et présente en avant le talus naturel des terres : on voit que ce masque ne gêne en rien la communication de la place aux grands fossés. Lorsque le flanc est droit, j'appuie

le masque *b* à la tenaille et au flanc ; il est soutenu en arrière par un mur placé sur le prolongement de la gorge de la tenaille. Je pratique au milieu un passage voûté de 1,95 mètres (6^{pieds}) de largeur, que je couvre par un second masque *d* en avant, de 3,90 mètres (12^{pieds}) de largeur, soutenu par des murs sur les côtés et en arrière, et ayant la hauteur nécessaire pour que la batterie placée sur la crête du glacis de la place d'armes rentrante opposée ne puisse découvrir aucune partie de la maçonnerie du passage: au moyen de quoi je couvre encore la courtine sans gêner la communication des fossés. Je conviens que dans ce dernier cas le masque facilitera les moyens de désertion ; mais quand bien même on seroit réduit à la nécessité de priver le soldat françois en garnison dans une place de la liberté d'en sortir, je n'en regarderois pas moins la facilité que le masque lui donne pour la désertion, comme infiniment au-dessous de l'avantage qu'il procure pour couvrir l'extrémité de la courtine. Ce moyen simple empêchant l'assiégeant de pénétrer dans la place autrement que par les brèches aux faces des bastions, il ne s'agit plus que de disposer sous ceux-ci, lorsqu'ils sont pleins, une bonne défense souterraine.

Pour y parvenir je propose la construction d'un retranchement revêtu en maçonnerie ; et pour en déterminer la position, j'observe,

1.° Que, lorsque les flancs sont à orillons, les pièces d'artillerie *e* et *f* peuvent battre en brèche la moitié au moins de l'orillon *A* ; d'où il suit que le retranchement doit être tracé en-deçà ; et pour l'assurer entièrement, je le place de manière que son mur de contrescarpe soit sur le prolongement de l'ancien mur qui sépare l'orillon du flanc.

2.° Lorsque les flancs sont droits, les pièces ennemies *g* et *h* peuvent en ouvrir une partie; d'où il suit que le mur de contrescarpe du retranchement doit être établi à environ 2,40 mètres (7 pieds) en-deçà de la ligne de feu *g i* et dans une direction perpendiculaire au flanc.

Les extrémités du retranchement ainsi déterminées, je leur donne 11,64 mètres (35 pieds) dans les directions ci-dessus, et je les raccorde par un arc de cercle; je donne 3,90 mètres (2 toises) de largeur au fossé, et 5,85 mètres (18 pieds) d'épaisseur totale au parapet.

On objectera sans doute qu'en plaçant ainsi le retranchement je diminue la capacité des flancs : j'en conviens; mais je puis répondre qu'il leur restera encore, soit qu'ils soient concaves ou droits, la même étendue qu'au flanc droit de notre nouveau tracé, c'est-à-dire, environ 42 mètres (21 toises). Au surplus, le feu des flancs n'ayant jamais pu empêcher l'assaut ni même le passage du fossé, parce qu'ils sont toujours contrebattus par tous les feux de l'assiégeant, il me semble qu'une pièce de plus apportera peu de différence dans le résultat; tandis que sa suppression, qui assure le retranchement, me permet de présenter à l'assiégeant arrivé sur la brèche un nouvel ouvrage intact, dont la réduction peut lui être long-temps disputée. Je crois donc qu'on ne doit pas balancer à supprimer une des pièces des flancs pour assurer la position du retranchement.

Tracé des grandes et moyennes galeries de communication.

Fig. 49. J'arrive depuis la place au fossé du retranchement du bastion par une grande galerie sous la capitale; j'adosse à la contrescarpe du retranchement une grande galerie prolongée

le long des murs qui séparent les orillons des flancs : l'entrée de cette galerie est sous la capitale du bastion, près des escaliers qui montent au terre-plein ; les écoutes *D E, F G* en avant sont en grandes galeries, et les autres, de droite et de gauche de la capitale, en demi-galeries.

Dispositions des rameaux et fourneaux.

Pour régler ce qui doit être ici le plus convenable, il faut se rendre compte de la marche que l'assiégeant peut suivre à l'attaque du bastion.

Je vois d'abord qu'il est le maître d'ouvrir les faces au saillant et près des épaules, ainsi qu'on le voit sur la figure 49, et qu'un logement établi sur cette dernière brèche le placeroit à portée de la contrescarpe du retranchement ; mais je vois aussi qu'il en seroit encore assez éloigné pour que son mineur ne pût arriver dessus qu'après avoir essuyé les longueurs de la guerre souterraine, et que, pour renverser l'escarpe du retranchement, il sera obligé d'employer le canon ou la mine : mes dispositions doivent donc être faites d'après ces données, et c'est en conséquence que je propose celles qui suivent.

1.° En admettant que la brèche au saillant aura environ 38 mètres (19^{toises}) d'étendue sur chaque face, et que le premier logement *H L* de l'assiégeant dans le terre-plein se fera d'une extrémité de cette brèche à l'autre, je couronne ce logement par une suite de rameaux qui ont leurs issues dans les grandes écoutes *D E, F G*, et qui se terminent au pied du talus du logement.

2.° Les lignes de feu *c b, e d* font voir que la brèche près de l'épaule peut avoir environ 30 mètres (15^{toises}) d'étendue, *Fig. 48 et 49.*

et comme il importe ici, à cause de la proximité du retranchement, de surveiller l'assiégeant, soit dans son logement, soit dans les fouilles de son mineur, je dispose sous l'étendue de la brèche deux fourneaux isolés et qui peuvent jouer sé-
Fig. 50. parément : la coupe sur *a b* fait voir qu'ils sont établis au niveau de la campagne et qu'ils ont 4 mètres (2^toises) de ligne de moindre résistance par rapport au rampant *p q v* de la brèche. Entre ces fourneaux et l'arrondissement de l'orillon sont deux rameaux qui ne doivent être construits qu'après l'explosion des fourneaux qui les précèdent et la marche de l'assiégeant.

3.° En avant de la contrescarpe et à 12 mètres (6^toises) de distance, j'établis de chaque côté de la capitale quatre gros fourneaux de 5,85 mètres (18^pieds) de ligne de moindre résistance, destinés à rendre impraticable, ou du moins très-difficile et très-longue, l'exécution de la batterie contre l'escarpe du retranchement ; d'où il résultera que l'assiégeant sera encore obligé d'avoir recours aux mines pour ouvrir cette escarpe.

J'avois d'abord eu l'idée de m'opposer au travail du mineur ennemi, attaché à l'escarpe du retranchement, par une suite de rameaux terminés à environ 2,50 mètres (8^pieds) en-deçà du parement intérieur de l'escarpe, embrassant tous les espaces compris entre les contre-forts et ayant leurs issues dans une galerie de ceinture parallèle au retranchement ; mais j'y ai renoncé, parce qu'il m'a paru que c'étoit derrière le mur d'escarpe du retranchement que l'assiégé devoit faire sa capitulation, sans attendre sa mise en brèche.

Conduite du mineur assiégé.

Si l'ennemi ne fait brèche qu'au saillant du bastion, et qu'il occupe le logement HL, alors la conduite du mineur assiégé se réduira,

1.° A se tenir aux écoutes aux extrémités de ses rameaux à portée du logement;

2.° A tenir ses gros fourneaux chargés et prêts à jouer lorsque la marche de l'assiégeant l'exigera;

3.° A déboucher après cette explosion, de la galerie de contrescarpe ou des bouts conservés des grandes écoutes DE, FG, pour se porter de nouveau sous les gros entonnoirs et au-devant du mineur ennemi.

Mais si l'assiégeant ouvre le bastion au saillant et aux épaules, et qu'il donne en même temps l'assaut à toutes ces brèches pour se loger dessus, alors l'assiégé doit porter sa principale attention aux logemens des épaules, pour s'y opposer d'abord par tous les moyens extérieurs que la proximité de l'ennemi met en ses mains, ensuite par la défense souterraine, qu'il doit ménager le plus long-temps qu'il lui sera possible, en ne faisant jouer ses deux fourneaux que successivement. Lorsqu'il sera assuré que le mineur ennemi fouille les terres au-dessus d'un de ces fourneaux, on le fera jouer; et si l'ennemi reprend son premier travail qui aura été culbuté, on attendra qu'il soit à environ 2,5o mètres (8^{pieds}) de profondeur pour faire jouer le second fourneau à portée de lui, dont l'effet empoisonnera les terres de cette partie, au point d'y rendre une troisième tentative impossible : mais il faut surtout pousser en avant, aussitôt qu'il sera possible de le faire, les bouts de rameaux qui suivent les fourneaux, et s'en

servir pour susciter de nouvelles chicanes à l'ennemi avant qu'il ne puisse établir un fourneau surchargé, soit dans les bouts de nos rameaux, soit au fond d'un entonnoir, lequel fourneau pourroit détruire la contrescarpe et même ébranler l'escarpe du retranchement. Il me semble cependant que les dispositions à faire pour assurer l'exécution de ce fourneau surchargé, doivent être bien difficiles à la proximité où l'ennemi se trouve de nous ; et peut-être doit-il être permis de la regarder comme impossible tant qu'il restera des grenades et petites obus dans la place, et des hommes pour exécuter des petites sorties par la trouée de la tenaille et inquiéter la garde du logement sur la brèche en se présentant sur ses derrières.

Enfin, le renversement de la contrescarpe du retranchement, qui suivra l'épuisement de nos moyens de résistance, sera le signal pour capituler.

Il faut observer que si l'ennemi donne l'assaut à toutes les brèches, il établira sans doute le long de la face une communication entre elles pour faciliter l'arrivée des objets nécessaires au travail de ses mineurs sur la brèche près des épaules, et qu'alors on pourra s'opposer à cette communication par les rameaux *R* en-deçà de *H L*.

Telles sont les dispositions souterraines que l'on pourroit employer dans les bastions pleins, pour donner un certain degré d'importance à la plus grande partie de nos anciennes places de petite capacité, qui ont grand besoin d'être améliorées. On voit que l'on peut appliquer ce tracé partout où les eaux sont à sept ou huit pieds au-dessous de la campagne, et par conséquent soit que les fossés soient pleins d'eau, ou qu'ils soient secs. La dépense de la construction des maçonneries

neries du retranchement et des galeries revêtues, seroit peu considérable : en employant les moyens d'exécution que j'ai détaillés dans la première partie de cette instruction, pour la construction des galeries à ciel ouvert, qui sont plus économiques que les tranchées avec talus à terres coulantes, et en se servant des mineurs pour le mouvement des terres, le montant de cette dépense, aux prix de 1790 à Phalsbourg, n'excéderoit pas la somme de 18,000 francs pour un bastion, en supprimant toutefois le parement de carreaux de pierres de taille à l'escarpe et à la contrescarpe, lequel seroit ici peu nécessaire; et ce petit sacrifice pécuniaire, que l'on feroit pendant la paix, donneroit pour la guerre un moyen assuré de prolonger peut-être d'un quart en sus la durée de la résistance du front, sans exiger de renfort dans la place que quelques mineurs, et six à sept milliers de poudre en sus de celle nécessaire à la défense extérieure.

Si le bastion, quoique plein, contient dans son intérieur un magasin avec une traverse de communication voûtée, comme celui du bastion N.° I et comme il s'en trouve deux à Phalsbourg, on pourroit encore y exécuter le retranchement; et en adossant une galerie au mur de clôture du magasin, on s'en serviroit pour se porter près du saillant du bastion, ainsi que sur les parties latérales de son terre-plein.

Enfin, si le bastion étoit entièrement vide, on pourroit encore en tirer parti, et pour cela il faudroit,

1.° Donner au terre-plein du rempart des faces au moins 12 mètres (6[toises]) de largeur, et le revêtir intérieurement en maçonnerie;

2.° Adosser une galerie sur tout le pourtour de ce mur de revêtement;

3.° Faire une coupure revêtue, avec fossé et contrescarpe, qui seroit placée comme la partie des retranchemens de la fig. 48, et terminée au mur de revêtement intérieur. Au moyen de ces dispositions on pourroit encore arrêter quelque temps l'ennemi sur le terre-plein du rempart des faces.

Il résulte du contenu de cette sixième partie, qu'avec des dépenses peu considérables on peut mettre nos anciennes places les plus médiocres en état de soutenir sans crainte l'assaut aux bastions; prolonger la résistance encore longtemps après l'occupation de leur terre-plein, et ne céder qu'au moment où l'ennemi seroit prêt à mettre en brèche l'escarpe du retranchement.

Je terminerai ici l'instruction sur les mines: c'est un essai qui a pour objet d'exciter à mieux faire, et de donner aux jeunes élèves quelques connoissances sur une partie essentielle de l'état auquel ils se destinent, et dont l'importance doit s'accroître encore si le système destructeur des villes que l'on a adopté pendant la guerre de la révolution, vient à se perpétuer; car alors il faudra bien en venir au moyen de préserver les places de ce fléau par l'établissement de forts extérieurs, susceptibles d'une très-vigoureuse résistance et à l'abri des incendiaires.

MÉMOIRE

SUR

LES OUVRAGES AVANCÉS

ET DÉTACHÉS

DES PLACES.

NAPOLI

MÉMOIRE

Sur les ouvrages avancés et détachés des places.

DANS la guerre actuelle de la révolution françoise, les puissances belligérantes ont adopté un système destructeur des villes et non des fortifications. De fortes batteries incendiaires, établies à volonté sur différens points de la contrevallation des places, garanties par des épaulemens massifs et protégées par des réserves en arrière, ont remplacé les savantes positions que le temps et l'adoucissement des mœurs avoient tracées à l'artillerie attaquante, pour diminuer les horreurs de la guerre, en dirigeant tous ses coups sur les seules fortifications. Dès-lors l'assiégé s'est trouvé dans l'impuissance de développer les ressources de son art pour opposer avec succès le foible au fort; tous les feux de son artillerie sont allés s'éteindre vainement dans les masses qui couvroient les batteries de l'assiégeant; ses sorties, même les mieux ordonnées, ont été et devoient être sans succès, parce qu'ayant à parcourir de grandes distances avant d'arriver au but, elles étoient prévenues par les fortes réserves ennemies et obligées de se replier sans avoir même obtenu le foible avantage de ralentir pour quelques instans les feux des batteries incendiaires. Dans cet état de détresse, augmenté encore par le défaut d'abris de sûreté dans la plus grande partie de nos places, le service de l'assiégé s'est trouvé borné à soutenir le courage du malheureux habitant, soit par la

force, soit par l'espoir d'un prochain secours, et à se joindre à lui pour ralentir les progrès des incendies et reculer de quelques jours la reddition, sans cesse demandée par le désespoir des citoyens et le découragement de la garnison, et dont l'époque se trouvoit plus ou moins reculée, en raison des moyens que l'assiégeant développoit et du plus ou moins de capacité des places.

L'humanité se consoleroit avec le temps des malheurs passés, si on avoit l'espoir qu'ils ne renaîtront pas. Mais peut-on s'en flatter lorsqu'on réfléchit sur les moyens d'économie, dans le temps et dans les finances, que cet horrible système présente à l'assaillant, et qui étoufferont, pendant bien long-temps encore, les cris de ses victimes?

Il est donc indispensable de mettre nos places à l'abri de ces batteries incendiaires, en les couvrant par des ouvrages avancés qui n'aient rien à craindre du feu, et qui soient assez forts par eux-mêmes pour ne pouvoir être réduits que par une attaque régulière.

Le général d'Arçon a fait connoître les avantages des ouvrages détachés; et on a vu dans ses différens mémoires sur cet objet, que pour obtenir leur maximum de résistance, il falloit ajouter aux moyens de défense ordinaires et extérieurs, tirés de leurs parapets,

1.° Des feux couverts et ménagés pour le moment le plus critique de l'attaque; 2.° des feux souterrains ou explosions de mines; 3.° enfin, de fortes et fréquentes irruptions de la garnison de la place, agissant en masse sur les travaux ennemis, soit pendant les approches, soit même dans l'intérieur de l'ouvrage, pour en chasser l'assiégeant.

Telles sont les bases sur lesquelles il faut élever les nou-

veaux édifices qui doivent défendre nos places; et c'est pour essayer de poser sur ces bases les premières assises, que je présente ici quelques observations sur les positions respectives des ouvrages détachés, sur leur tracé particulier, et enfin sur les dispositions de leurs différens abris et souterrains, pour qu'il puisse résulter de cet ensemble les plus grands moyens de résistance.

On ne doit pas perdre de vue que ce nouveau système défensif exige toujours le concours d'une forte garnison, et qu'on ne doit s'attendre à obtenir le maximum de sa résistance que dans les places de premier ordre, ou dans celles d'ordres inférieurs, qui, par leur position, ne peuvent être cernées que de loin sur une partie de leur pourtour, et offrent par conséquent un emplacement propre à contenir un camp entre la place et les lignes de l'assiégeant : cela posé, je vais admettre le projet d'établir deux rangs d'ouvrages détachés en avant d'une place, sur un terrain sensiblement de niveau, et flanqué des deux côtés, soit par les eaux, soit par des bois ou ravins; tel est le Sablon en avant de la citadelle et des fronts de S. Thiébaut à Metz, dont les flancs sont appuyés sur la Moselle et sur l'inondation de la Seille.

Recherches sur les positions respectives qu'il convient de donner à deux rangs d'ouvrages détachés.

Je pose pour principe que les ouvrages ou lunettes du premier rang ne peuvent être flanqués que par les feux de l'artillerie des ouvrages collatéraux; car si l'on vouloit admettre la défense flanquante par la mousqueterie, il faudroit admettre aussi le rapprochement des ouvrages au point de former une nouvelle enceinte presque continue et d'un immense déve-

loppement : ce principe établi, j'en tire les conséquences suivantes.

1.° Chaque lunette du premier rang doit être protégée par l'artillerie des pièces collatérales des deux rangs. Cette protection doit avoir son effet à compter de l'époque où l'ennemi établira ses premières batteries; et pour assurer cet effet, la distance des batteries protectrices au but où elles doivent atteindre, ne doit pas excéder 582 mètres (300 toises), que je regarde comme la plus grande portée qui puisse se concilier avec la justesse du tir, soit pour le plein fouet, soit pour le ricochet des faces des ouvrages dont les maçonneries seroient hors de vue de la campagne.

2.° Les premières batteries de l'assiégeant, destinées à battre à ricochet les faces des lunettes du premier rang, devant s'établir à 582 mètres (300 toises) au plus des saillans, il en résulte que deux lunettes du premier rang et l'ouvrage intermédiaire entre elles, doivent être tellement disposés que l'on puisse réunir les feux de leur artillerie sur le point que l'assiégeant choisira pour l'établissement de ses batteries, et cela à une distance qui n'excède pas 582 mètres (300 toises).

3.° Les conditions ci-dessus seront remplies en faisant
Pl. 10, fig. 51. concourir les prolongemens des faces $f d$, $q c$, en un point b, tel que les distances $b d$, $b a$, $b c$, soient égales entre elles et moindres que 582 mètres (300 toises); parce que, si l'ennemi choisit le point b pour la réunion de ses batteries, dont les ricochets doivent balayer les faces $f d$, $q c$, ce point sera foudroyé par toute l'artillerie des faces des trois ouvrages qui ont vue dessus: et s'il prend le parti d'isoler ses batteries, en les plaçant aux points e et e', de manière que $c e$ ou $d e'$ soient de 582 mètres (300 toises), alors chacun des points e et e' pourra être battu

battu successivement par l'artillerie des trois ouvrages, à des distances dont la plus grande sera de 582 mètres (300 toises).

4.° Il faut donc que les triangles $b\,a\,d$, $b\,a\,c$, soient équilatéraux, et que les côtés soient moindres que 582 mètres (300 toises); car si on supposoit $b\,d$ et $b\,c$ chacun de 582 mètres (300 toises), et que l'assiégeant, au lieu d'établir ses batteries au point de concours b, voulût les rapprocher davantage et les porter en S et S', alors ces derniers points ne pourroient être battus en même-temps par les trois ouvrages, à la distance de 582 mètres (300 toises) au plus, puisque $c\,S$ et $d\,S'$ seroient plus grands que $b\,c$ ou $b\,d$, supposés de 582 mètres (300 toises).

5.° Les triangles $b\,a\,d$, $b\,a\,c$, étant équilatéraux, les angles saillans des lunettes du premier rang seront de cent vingt degrés, et l'écartement entre leurs capitales, c'est-à-dire, la distance $c\,d$, sera d'autant plus grande que les côtés $b\,d$, $b\,c$ se rapprocheront plus de 582 mètres (300 toises): mais, d'après la remarque du numéro précédent, ces côtés sont limités, et leur plus grande longueur dépendra de la distance à laquelle on fixera le plus grand rapprochement des premières batteries de l'assiégeant; or, l'intérêt de celui-ci étant de contre-battre promptement l'artillerie du fort, on ne peut guères fixer en-deçà de 349 mètres (180 toises) ce plus grand rapprochement.

6.° En fixant donc à 349 mètres (180 toises) le plus grand rapprochement des points S, on peut déterminer le plus grand écartement entre les capitales de deux lunettes du premier rang, au moyen du triangle $c\,S'\,d$, dans lequel on connoît les côtés $c\,S'$, $d\,S'$, de 349 et 582 mètres (180 toises et 300 toises), ainsi que l'angle $d\,c\,S' =$ trente degrés. Résol-

vant donc ce triangle, on trouvera $c\,d = 848{,}64$ mètres ($335\frac{1}{2}$ toises) pour le plus grand écartement à donner entre les capitales de deux lunettes du premier rang : cette distance étant connue, il est facile d'en conclure les côtés $b\,c$ ou $b\,a$ des triangles équilatéraux, que l'on trouvera de 470,40 mètres ($241\frac{1}{2}$ toises).

Il résultera de ces dispositions que, tant que les batteries de l'assiégeant ne seront pas établies au delà de 582 mètres (300 toises) ni en-deçà de 349 mètres (180 toises) des faces qu'elles doivent battre, elles tomberont toujours sous les feux réunis de deux lunettes du premier rang et de l'ouvrage intermédiaire du second rang, et à des distances dont la plus grande sera toujours de 582 mètres (300 toises) : par exemple, s'il réunit ses batteries au point de concours b, elles seront battues à la distance de 470,40 mètres ($241\frac{1}{2}$ toises) par l'artillerie des trois ouvrages.

S'il isole ses batteries de manière que, pour battre à ricochet la face $q\,c$, il en établisse une en e, distant de c de 582 mètres (300 toises), alors elle sera battue par l'artillerie des ouvrages 1, 3 et 2, aux distances respectives de 453, 538 et 582 mètres (232, 276 et 300 toises).

Enfin, s'il place une batterie en S' pour fouetter à ricochet la face $q\,c$, à 349 mètres (180 toises) de distance de c, alors elle sera battue par les trois ouvrages 1, 3 et 2, aux distances respectives de 582, 438 et 349 mètres (300, 276 et 300 toises).

Les positions respectives que l'on vient d'assigner aux deux rangs d'ouvrages avancés, offrent les avantages suivans :

1.° L'ennemi ne pourra établir ses premières batteries à bonne portée, sans tomber sous le feu d'une grande masse d'artillerie de l'assiégé, seul moyen de ralentir les travaux

de l'assiégeant, et d'en diminuer les effets après leur confection.

2.° Le prolongement de la capitale d'une lunette du premier rang sera flanqué par l'artillerie des deux ouvrages collatéraux du second rang, et ce flanquement commencera lorsque l'ennemi sera au point x, distant de c de 233 mètres (116^{toises}).

3.° Avec trois lunettes au premier rang, et deux ouvrages intermédiaires en second rang, on pourra couvrir une étendue d'environ un quart de myriamètre.

4.° Enfin, l'ouverture des angles saillans obligera l'assiégeant, quels que soient ses projets d'attaque, à un grand développement de parallèles.

Tracé particulier des deux rangs d'ouvrages détachés.

La position que l'on vient d'assigner à ces ouvrages, laissant entre eux des passages d'environ 233 mètres (116^{toises}) d'ouverture, destinés aux sorties de l'assiégé, mais dont l'assiégeant peut aussi profiter, il en résulte l'indispensable nécessité de donner aux lunettes du premier rang la forme d'un bastion, c'est-à-dire, des flancs assez étendus pour y pouvoir développer une défense d'artillerie et de mousqueterie.

Pour faciliter les retours offensifs dans l'ouvrage, je propose deux portes d'entrée, dont les ponts aboutissent au dehors au même débouché sur le milieu de la gorge.

La traverse en capitale avec casemate est également nécessaire pour servir de parados et d'abri à la garnison.

Les fossés doivent embrasser tout le pourtour de l'ouvrage, avoir assez de profondeur pour mettre l'escarpe à l'abri de l'escalade, et assez de largeur pour qu'on ne puisse les tra-

verser sans essuyer les feux répétés des casemates flanquantes.

Les ouvrages du second rang doivent avoir une forme à-peu-près semblable à celle de la planche 10, et plus de capacité que les lunettes du premier rang, parce que, 1.° cette seconde ligne doit agir avec la première contre les batteries de l'assiégeant et contre ses sapes sur la capitale de l'ouvrage attaqué; 2.° elle doit aussi flanquer les passages entre les deux rangs; 3.° enfin, elle doit être l'entrepôt des troupes destinées à la défense des premières lunettes, et des munitions pour les deux rangs d'ouvrages.

La capacité des lunettes du premier rang doit se régler sur le nombre d'hommes qu'exigera le service de l'artillerie et de la mousqueterie des parapets; et celle des ouvrages du second rang doit se régler non-seulement sur le nombre d'hommes qu'il faudra pour le service ci-dessus, mais encore sur l'étendue des magasins et abris jugés nécessaires pour la défense des ouvrages des deux rangs.

De là il résulte que, pour régler les capacités avec quelque précision, il faut d'abord examiner quels doivent être les moyens de défense à tirer des parapets.

Artillerie.

1.° Pour flanquer les capitales cx des premières lunettes par l'artillerie des ouvrages collatéraux de seconde ligne, je propose de placer sur chaque face LK deux pièces de douze et un obusier de huit pouces, et sur chaque flanc IK trois obusiers de huit pouces: mais comme cette défense en flanc se trouve un peu éloignée, il paroît convenir d'y joindre une défense plus rapprochée et plus directe; pour cela je propose de

convertir intérieurement le parapet du saillant *c* en pan coupé de 8,77 mètres ($4^{toises}\ 3^{pieds}$) d'étendue de chaque côté de la capitale, afin d'y établir quatre obusiers ou mortiers de huit pouces, pour fournir des ricochets le long de cette capitale.

2.° Pour assurer le succès de l'artillerie des forts contre les premières batteries à ricochet de l'assiégeant, il faut les attaquer avec de puissans moyens ; et c'est d'après ce principe que je propose d'avoir, sur chaque face *C P* des premières lunettes, une pièce de seize et deux de douze, et sur la courtine *II* de l'ouvrage intermédiaire, deux pièces de seize et deux de douze ; ce qui donnera contre chaque batterie ennemie dix pièces de canon, qui pourront agir sur le même point directement et d'écharpe, et même de revers si ces batteries étoient placées en-deçà du point *b*.

3.° Pour veiller à la défense des passages entre les deux rangs d'ouvrage, je propose de placer sur chaque flanc des premières lunettes deux pièces de huit, pour joindre leurs feux à ceux des faces et flancs des ouvrages intermédiaires, et d'avoir sur chaque branche *L m* trois pièces de huit, pour les opposer à l'ennemi dans le cas où il parviendroit à forcer le passage.

Il faudra donc sur chaque lunette du premier rang quatorze bouches à feu, qui demanderont environ quatre-vingts hommes, et sur chaque ouvrage intermédiaire, vingt-deux bouches à feu, qui exigeront cent trente hommes.

Mousqueterie.

Les attaques régulières ou brusquées des lunettes du premier rang devant être défendues principalement par les feux couverts de mousqueterie, par les explosions souterraines, et

surtout par les charges en masse des fortes réserves placées dans les ouvrages du second rang ou à portée de ces ouvrages, il s'ensuit qu'il ne faut derrière les parapets de ces premières lunettes que la mousqueterie nécessaire pour garnir les faces; ce qui peut être exécuté par cent vingt hommes, lesquels se porteront sur les flancs et les épaules si l'ennemi tentoit le passage entre les ouvrages.

Quant au nombre d'hommes nécessaire pour fournir à la mousqueterie derrière les parapets des ouvrages intermédiaires et y avoir un feu bien nourri, je pense qu'il faudra environ trois cents hommes pour garnir les faces *L K*, les branches *L m* et le tenaillon, dans le cas où l'ennemi se porteroit avec de grands moyens entre les ouvrages.

Il suit de ce qui précède, que l'on peut fixer à deux cents le nombre d'hommes nécessaires au service de l'artillerie et de la mousqueterie, qui doivent garnir les parapets des lunettes du premier rang; sur ces deux cents il y en aura environ soixante de garde, et cent quarante qu'il faut pouvoir mettre à couvert, soit sous la casemate de la traverse, soit sous les passages des portes.

De plus la gorge de l'ouvrage doit avoir assez d'étendue pour que l'on puisse y développer un grand feu de mousqueterie couverte: c'est d'après ces considérations que j'ai fixé aux lunettes du premier rang les dimensions cotées sur la planche 10, desquelles il résulte que je puis placer environ cent hommes sous la casemate de la traverse, et le surplus sous les passages des deux portes, et avoir à la gorge un feu considérable de mousqueterie couverte.

Quant à la capacité des ouvrages du second rang, elle doit être telle que la garnison destinée à la défense de ses parapets, ainsi

que les renforts que l'on pourroit y loger, puissent être abrités dans des casernes défensives à l'épreuve, dont les souterrains serviroient de magasin aux munitions pour les deux rangs d'ouvrages, et dont les chambres au-dessus recevroient la garnison renforcée. En donnant à ces ouvrages des dimensions à peu près semblables à celles de la dixième planche, on pourra établir parallèlement aux grandes branches, aux faces et à la courtine, des casernes défensives, suivant les lignes ponctuées en rouge, avec des souterrains, un rez de chaussée et un étage au-dessus, capables de contenir environ huit cents hommes, c'est-à-dire une garnison presque double de celle nécessaire au service des parapets.

Commandement des ouvrages.

Je donne aux parapets des lunettes du premier rang un commandement de 4,86 mètres ($15^{\text{pieds}}\,3^{\text{pouces}}$) au-dessus de la campagne (l'artillerie montée sur affûts de place), et aux ouvrages intermédiaires un commandement de 2,92 mètres (9^{pouces}) sur ceux du premier rang : les fossés ont 3,90 mètres (12^{pieds}) de profondeur au-dessous du sol, et le mur de contrescarpe 5,85 mètres (18^{pieds}) de hauteur totale, dont 3,90 mètres (12^{pieds}) montés à plomb, et 1,95 mètres (6^{pieds}) élevés au-dessus pour soutenir les glacis, en talus de 1,30 mètres (4^{pieds}) pour empêcher la plantation des échelles : l'escarpe a 5,85 mètres (18^{pieds}) de hauteur de maçonnerie montée à plomb, en sorte que cette maçonnerie se trouve entièrement couverte par la contrescarpe. Les autres cotes sont détaillées sur la planche 11.e, fig. 52.

Dispositions des lunettes du premier rang pour les feux couverts de mousqueterie.

Pl. 11, fig. 52. J'ai déjà dit que les attaques de ces lunettes devoient être principalement défendues par les feux couverts de mousqueterie.

Pour tirer de ces feux le plus grand parti, il me semble qu'ils doivent être disposés de manière à flanquer les fossés, à défendre les approches du terrain en avant de la gorge, et enfin à empêcher l'ennemi de pénétrer et de se maintenir dans l'intérieur de l'ouvrage, après avoir franchi le fossé; en conséquence je propose,

1.° D'adosser à la contrescarpe les casemates à feux de revers *a* et *b*, au saillant et aux épaules, et dans le fossé même, sous la capitale de la gorge, la casemate *c*, lesquelles flanqueront toute l'étendue des fossés. Lorsque les angles sur lesquels on doit placer les casemates de la contrescarpe sont aigus ou droits, alors il paroît naturel d'établir le mur de face perpendiculairement à la direction du fossé à battre, et les créneaux parallèlement à cette direction ; mais lorsque ces angles sont obtus, comme dans le tracé que je propose, alors cette méthode élargiroit de beaucoup le fossé vis-à-vis les casemates, ce qui seroit déjà un grand inconvénient, joint à ce qu'elles se trouveroient plus tôt en prise aux attaques de l'assiégeant.

Ces considérations me font croire que dans ce cas on doit préférer d'établir le mur de face obliquement à la direction du fossé, en traçant toujours les créneaux parallèlement à cette direction, ce qui procurera les mêmes avantages que dans l'autre tracé, sans en avoir les inconvéniens. Les créneaux

neaux des casemates *a* au saillant, font avec les murs de face un angle d'environ soixante-six degrés, ce qui n'augmente que d'environ 0,66 décimètres (20^{pieds}) la longueur de l'axe du créneau ; et l'obliquité des créneaux des casemates *b* est encore moins considérable, parce qu'ici on est obligé de faire reculer le mur de face, de manière que les feux, partant de l'extrémité des casemates du saillant et dirigés suivant *ef*, rasent ce mur sans pouvoir atteindre les créneaux.

2.° De construire sur le mur de gorge les casemates à l'épreuve *d*, percées de créneaux de part et d'autre, pour défendre l'intérieur de l'ouvrage et les approches de la gorge ; ces créneaux sont placés à 2,27 mètres (7^{pieds}) au-dessus du sol du terrain, ce qui élève ceux de l'intérieur à la hauteur du terre-plein du rempart, et donne à ceux du dehors un commandement de 2,27 mètres (7^{pieds}) au-dessus du terrain en avant des glacis de la gorge.

Pour garantir le mur de face intérieure de ces casemates des effets de l'artillerie ennemie, je le couvre sur la plus grande partie de sa hauteur par un massif de terre en talus *h*, en sorte qu'il ne reste en prise que quelques pieds de hauteur au-dessous de la voûte, lesquels pourroient encore être abrités par des blindages posés sur l'extrados de la voûte et saillant en dehors ; mais pour obtenir tout l'effet qu'on doit attendre de ces casemates, ainsi que des casernes défensives que l'on pourroit être dans le cas de construire, il faut être bien assuré que les voûtes résisteront aux chocs des bombes. Nous n'avons sur cet objet rien de bien satisfaisant, soit en théorie, soit en expérience ; et il me paroît assez important pour mériter de nouvelles recherches théoriques qui puissent servir de bases aux expériences qui sont

à faire pour constater le maximum d'épaisseur à donner aux voûtes et à leurs pieds-droits, pour en obtenir la résistance demandée.

3.° Je pense que la défense à tirer des feux couverts doit être absolument indépendante de la défense extérieure et n'avoir avec elle aucun moyen de communication ; en conséquence toutes les casemates des fossés, ainsi que celles sous le mur de gorge d'une lunette du premier rang, viennent aboutir à la grande galerie de communication de cette lunette avec l'ouvrage intermédiaire, et on ne peut y communiquer que par cette galerie : après avoir traversé la *Fig.* 53. casemate *c*, sous la capitale de la gorge, on entre dans un souterrain qui communique d'une part à la casemate, entre les portes, par l'escalier *A*, et de l'autre aux casemates, sous *Pl.* 10, *fig.* 51. le mur de gorge par les escaliers *B*. Il se présente deux manières de tracer les grandes galeries de communication, l'une coudée et beaucoup plus longue que l'autre, mais aboutissant au centre de la gorge sous la capitale, ce qui donne le moyen de se maintenir jusqu'à la dernière extrémité dans les casemates de la gorge ; tandis que la plus courte, aboutissant loin du centre de la gorge, seroit bien plutôt en prise aux attaques du mineur ennemi, supposé maître des casemates *b* des épaules : en conséquence je donne la préférence à la galerie coudée quoique beaucoup plus longue, quand même on seroit obligé d'y pratiquer quelques petits évents pour rafraîchir l'air. Dans une attaque brusquée, dirigée sur les faces et les flancs, ceux qui défendent les parapets doivent agir jusqu'au moment où l'assaillant est prêt à pénétrer dans l'intérieur de l'ouvrage, et se retirer alors sous les *Fig.* 52 *et* 53. passages *P* des deux portes pour en défendre les accès, lais-

sant aux casemates de la gorge le soin d'arrêter et contenir l'assaillant sur les parapets et le terre-plein du rempart jusqu'à l'arrivée des secours extérieurs. On peut remarquer dans la disposition des feux couverts de la gorge, que les hommes retirés sous les passages des portes pourroient encore s'y défendre au moyen des créneaux pratiqués dans les portes mêmes et dans les murs latéraux; et que, dans le cas où l'ennemi les forceroit à évacuer ces passages, j'ai ménagé différens créneaux qui donnent dans leur intérieur et qui appartiennent aux casemates de droite et de gauche, qui n'ont aucune communication en dehors. Au moyen de ces dispositions il me paroît bien difficile à l'assaillant de pouvoir pénétrer dans l'intérieur de l'ouvrage, et encore moins de s'emparer des passages des portes avant l'arrivée des secours. *Fig.* 53.

Ce que l'on vient de dire pour s'opposer à une attaque brusquée, s'applique également au cas où l'assiégeant, maître des casemates des fossés au saillant et aux épaules, voudroit se loger par sape dans l'intérieur de l'ouvrage; et c'est pour rendre la défense de cet intérieur absolument indépendante de celle de la contrescarpe, que j'ai cru ne devoir pas le faire communiquer aux casemates *a* sous le saillant par une galerie sous la capitale de l'ouvrage passant sous le fossé, et que j'ai donné la préférence à la grande galerie de communication coudée, parce qu'elle aboutit au centre de la gorge, et que par conséquent je serai encore maître de l'origine des communications, ainsi que de toute la défense à tirer des casemates de la gorge, long-temps après la destruction de celles *a* et *b* du saillant et des épaules.

Dispositions sous les lunettes du premier rang pour les explosions souterraines.

La fortification à lunettes détachées ayant pour objet d'embrasser une grande étendue de terrain avec le moins d'ouvrages possible, et ne pouvant comporter, en conséquence de ce principe, d'autre défense en flanc que celui de l'artillerie des pièces collatérales, il en résulte la nécessité d'augmenter la défense propre de chaque lunette par des moyens tirés d'elle-même.

On vient de rendre compte de ceux que fournissent les feux couverts de mousqueterie ; mais ces moyens ne s'opposant point à la marche de l'assiégeant sur les glacis, ils ne peuvent avoir leur plein effet que dans le cas d'une attaque brusquée : car si l'assaillant suit la marche ordinaire des approches par sape, pour aller établir ses batteries de brèche sur la crête des glacis, il est clair qu'il arrivera sur cette crête sans avoir rien à craindre des feux couverts, et que lorsqu'il s'agira de se loger dans l'intérieur de l'ouvrage, il ne sera exposé qu'au feu des casemates sur le mur de gorge, puisqu'il est hors de doute qu'il ne tentera le passage du fossé qu'après l'ouverture de la brèche à la face de l'ouvrage ; ce qui suppose qu'il aura établi ses batteries sur la crête des glacis, et qu'il se sera rendu maître préliminairement du dessous du terrain, c'est-à-dire de la contrescarpe, et par conséquent des casemates qui y sont adossées.

Les feux couverts de mousqueterie, disposés comme on l'a détaillé ci-devant, peuvent donc être regardés comme un moyen presque assuré de faire échouer l'assaillant dans une attaque brusquée ; mais il en faut d'autres pour retarder sa

marche sur les glacis, dans le cas d'une attaque ordinaire: ces nouveaux moyens se trouvent naturellement dans une bonne disposition de mines défensives ; et l'on peut dire que ce genre de résistance, très-redoutable toutes les fois qu'on peut l'appliquer, paroît convenir plus particulièrement encore à la défense de la fortification à lunettes détachées.

Voyons donc ce que l'on peut faire pour en tirer le meilleur parti possible.

J'ai dit, au commencement de la troisième partie du Traité de la fortification souterraine, qu'un système quelconque de mines défensives devoit toujours être adapté à l'attaque préjugée de l'ouvrage à défendre : appliquons donc ce principe au cas dont il s'agit ici ; mettons-nous à la place de l'assiégeant, qui ne peut ignorer la position des principales galeries défensives, et voyons comment nous conduirons nos approches.

Si j'étois chargé de cette direction, j'établirois ma troisième parallèle *A* à environ 136 mètres (68 toises) du saillant *d*, et j'y construirois les batteries d'obusiers 4 et celles de mortiers 5 ; mais, au lieu de continuer les approches sur la capitale, je déboucherois des points *B*, situés de part et d'autre des batteries 4, pour pousser en avant la sape debout 9, ainsi que les boyaux 6 et 7, recoupant le prolongement de la contrescarpe du flanc : j'exécuterois ensuite les places d'armes 8 et 10, terminées l'une et l'autre du côté de la lunette attaquée à la distance de 50 ou 58 mètres (25 ou 29 toises) du fossé, et prolongeant celle 10 en dehors de l'attaque autant qu'il seroit nécessaire pour qu'elle pût contenir une réserve considérable et proportionnée à la force de la garnison. Lorsque tous ces ouvrages seroient terminés, je simulerois pendant

Fig. 51.

la nuit une attaque brusquée à la gorge pour y attirer l'assiégé : mais mon véritable but seroit de commencer à sape volante les communications ponctuées 12 et 13, 14 et 15; de favoriser le couronnement de la crête des glacis à l'angle saillant et aux épaules, sans rien entreprendre sur la partie qui se trouve dans la direction des pièces des batteries 4; et enfin d'attacher le plus tôt possible le mineur au-dessus de
Fig. 52. chaque entrée *q* de la galerie de contrescarpe dans les casemates des épaules, ainsi qu'au-dessus de la casemate du saillant, s'il y avoit une communication sous le fossé aboutissant à cette casemate, afin de pouvoir enfoncer promptement les voûtes et causer de grands ravages dans ces casemetes, par l'effet d'environ 250 kilogrammes (500^{lb}) de poudre placés sur les extrados ; ce qui, dans le cas d'une attaque heureuse, pourroit être exécuté dans quatre heures. Après cette opération je perfectionnerois, à force de bras, les
Fig. 51. communications 12 et 13 aux entonnoirs, dans lesquels j'établirois les mineurs pour surveiller les travaux que l'assiégé tenteroit sans doute pour rétablir sa communication avec le saillant, et alors je n'aurois plus rien à craindre des dispositions de mines sous les glacis, ni des casemates adossées à la contrescarpe.

Je conviens qu'en écartant les tranchées de la capitale autant que je le fais, je m'expose beaucoup aux feux directs des faces de la lunette et de l'ouvrage intermédiaire, et que par conséquent les boyaux et places d'armes en-deçà de *A* coûteront beaucoup de temps; et qu'enfin le couronnement de la crête des glacis et l'établissement des mineurs dans ces logemens, auront bien de la peine à se former, et plus encore à se maintenir : mais si l'on fait attention, 1.° qu'en

suivant la direction de la capitale je me trouverois nécessairement exposé au danger des explosions souterraines que j'y dois croire multipliées, ou tout au moins aux lenteurs désespérantes de la guerre souterraine ; 2.° que les batteries 4 et 5, que je puis renforcer à volonté et dont rien ne gêne les feux, étant servies avec activité, empêcheront l'assiégé d'aborder les parapets de la lunette attaquée ; 3.° enfin, qu'en donnant, si on le juge à propos, aux places d'armes *A* et 10 un développement plus considérable encore que celui tracé sur le plan, on pourra y placer des réserves assez fortes pour contenir et replier les plus grandes sorties ; il me semble qu'alors on doit convenir que la marche que j'ai tracée à l'assiégeant peut réussir. Et comme ce tracé peut varier à volonté, en s'écartant plus ou moins de la capitale, je me crois en droit de conclure que la défense souterraine des glacis des lunettes ne doit pas se borner à des dispositions avancées sous la seule capitale, mais qu'elles doivent embrasser toute l'étendue en avant des faces et une partie des flancs ; en sorte que si l'on se proposoit de commencer la défense souterraine à la distance d'environ 78 mètres (39 toises) de la contrescarpe, il faudroit pour embrasser par des dispositions de fourneaux tout le terrain en avant des faces et des épaules, un développement considérable de galeries et rameaux préparés avant le siége, et dont le service exigeroit un nombre de mineurs beaucoup plus grand que celui que l'on seroit dans le cas d'obtenir.

Je dis que toutes les dispositions doivent être préparées d'avance, parce que je suis très-assuré, ainsi que je l'ai fait voir dans la troisième partie de ce traité, qu'il ne seroit plus

temps de s'en occuper lorsque l'ennemi commenceroit à parcourir les glacis. Présentement, si à la difficulté d'avoir le nombre de mineurs et tous les matériaux nécessaires au service de ce grand développement de galeries et rameaux on ajoute l'incertitude où l'on sera toujours des projets de l'assaillant, et la crainte de voir rendre nul tout cet appareil par une attaque brusquée de la contrescarpe, je crois qu'alors on adoptera sans peine le projet de restreindre la défense souterraine à des dispositions que l'ennemi ne puisse éviter dans aucun cas, et qui soient établies de manière à lui porter le plus grand préjudice dans ses principaux travaux. Ce qui précède me conduit au raisonnement suivant.

Le relief des lunettes, le revêtement des escarpes et contrescarpes, les fossés qui les entourent, les feux couverts qui en défendent les abords de toute part, la défense flanquante qu'elles reçoivent des ouvrages du second rang et les secours qu'elles peuvent en tirer, doivent faire regarder comme impossible le succès d'une attaque brusquée qui auroit pour objet leur envahissement, à moins que de supposer dans le service des négligences qu'on ne peut admettre; l'ennemi sera donc forcé de les ouvrir et même de transporter de l'artillerie sur la brèche pour détruire les casemates de la gorge. Mais nous avons vu ci-devant, qu'il peut arriver sur la créte des glacis par différens chemins, et que l'ouverture de l'escarpe devoit être nécessairement précédée de la destruction de la galerie de contrescarpe. De là il suit que la meilleure défense souterraine à appliquer ici sera celle qui aura pour objet principal de s'opposer à l'établissement des batteries de brèche, ainsi qu'au passage du fossé et au logement sur la brèche, par des dispositions que l'ennemi ne puisse

éviter

éviter dans aucun cas, et telles que la défense de la crête du glacis soit absolument indépendante de celle du corps de la lunette : c'est-à-dire, que l'on doit disposer les principales galeries de manière que celles destinées à la défense des glacis n'aient de communication avec celles qui conduisent à la défense intérieure de l'ouvrage, que par la grande galerie sous le milieu de la gorge, laquelle sera par conséquent la seule origine de toutes les communications ; ce qui permettra de défendre l'intérieur long-temps encore après la destruction de la contrescarpe, des faces et même des flancs.

C'est pour remplir les conditions ci-dessus que je propose les dispositions tracées sur la planche 11, et que je vais détailler. *Pl. 11, fig. 5.*

Défense souterraine de la crête des glacis.

1.° J'adosse à la contrescarpe et sur tout son pourtour une galerie de quatre pieds de largeur, qui communique aux casemates *b* et *a* des épaules et du saillant, et qui les contourne intérieurement pour ne point gêner leur service ; les communications de cette galerie aux casemates doivent être fermées par des portes, pour éviter que la fumée de la mousqueterie ne gagne les petites galeries et rameaux, d'où il seroit difficile de la faire sortir.

2.° En avant de cette galerie et parallèlement à la direction de la contrescarpe, je dispose des tiges, de quatre fourneaux chacune, embrassant toute l'étendue de la face et une partie du flanc de l'ouvrage. Ces fourneaux ont 6,50 mètres (20^{pieds}) de ligne de moindre résistance ; le rang le plus rapproché de la galerie de contrescarpe en est à 13 mètres (40^{pieds}) ; les quatre fourneaux de chaque tige sont éloignés entre eux

de 11,64 mètres (36^{pieds}), et il y a 13 mètres (40^{pieds}) entre les fourneaux les plus rapprochés de deux tiges voisines: au moyen de quoi chaque tige peut agir isolément et sans nuire à celles de droite et de gauche.

3.° Pour défendre les tiges contre les attaques du mineur ennemi, j'établis entre elles des galeries *V*, d'où débouchent des rameaux d'écoute *m*, dont les plus saillans dépassent le pied des glacis de 8 à 10 mètres (4 à 5^{toises}), et qui sont tellement disposés entre eux que le mineur assiégeant ne peut arriver à portée des tiges qu'après avoir essuyé, de la part de deux ou trois de ces rameaux, toutes les chicanes et longueurs de la guerre souterraine.

4.° Enfin j'établis en avant de la galerie de contrescarpe, des magasins *x* ponctués sur le plan, pour contenir les terres nécessaires au bourrage des tiges et des rameaux d'écoute.

Il seroit à désirer que toutes les galeries et rameaux désignés ci-dessus pussent être construits en maçonnerie, en même temps que l'ouvrage; on éviteroit par ce moyen bien des embarras au moment de la guerre, et on ne seroit jamais pris au dépourvu.

Cette disposition pour la défense des glacis, quoique très-simple, me procure les avantages suivans, que l'on auroit peine à obtenir de toute autre disposition plus compliquée.

L'assiégeant ayant connoissance qu'il existe sous les glacis une disposition quelconque de mines défensives, se décidera nécessairement à faire fouiller le terrain par ses mineurs pour détruire les établissemens de l'assiégé, ou à l'attaque de vive force de la contrescarpe, ainsi que je l'ai supposé précédemment.

S'il prend le premier parti, il est clair que, quelle que

soit la direction de sa marche, mes rameaux d'écoute l'entraîneront dans toutes les longueurs de la guerre souterraine, qui est l'objet principal, sans que pour cela il puisse éviter l'action des fourneaux des tiges, que l'on exécutera lorsque les moyens de défense des rameaux d'écoute seront épuisés, et dont le but est de bouleverser entièrement le terrain destiné à l'établissement des batteries de brèche, en formant, par leur jeu successif et exécuté d'après la marche de l'assiégeant, un vaste entonnoir d'environ 4,50 mètres ($13\frac{1}{2}^{\text{pieds}}$) de profondeur, régnant sur toute la longueur de la face, et ne laissant qu'environ 6 mètres (3^{toises}) entre son bord supérieur et la contrescarpe.

Si l'assiégeant projette l'attaque de vive force de la contrescarpe, le tracé et la direction de ses ouvrages extérieurs avertiront l'assiégé de ses projets, parce qu'il ne peut tenter une pareille entreprise qu'avec des moyens suffisans pour repousser les vigoureuses sorties de la place, ce qui exigera l'établissement d'une place d'armes telle que celle 10, plus ou moins étendue et rapprochée de la contrescarpe, et dont l'entière confection annoncera le moment de l'attaque : ainsi donc l'assiégé aura le temps de préparer ses moyens de défense extérieure et souterraine pour s'opposer à cette attaque. Je ne parlerai ici que des derniers.

J'ai dit ci-devant que l'assiégeant ne pouvoit effectuer le renversement de la contrescarpe que quatre heures après le commencement de l'attaque, et je crois que c'est le moins possible, vu les retards qu'occasionneront les irruptions fréquentes des sorties en masse; on sait aussi qu'ayant sous la main, les bras, les sacs à terre remplis et les bûches nécessaires au bourrage d'un rameau, on peut en faire environ

12 mètres (6^toises) dans quatre heures : le mineur assiégé peut donc, en conséquence de ces bases, faire ses dispositions de manière à ne pas craindre d'être prévenu par l'assiégeant. Pour cela il doit, avant la nuit qui suivra la confection des travaux préparatoires de l'assiégeant, charger les fourneaux des tiges; bourrer environ 6 mètres (3^toises) des derniers retours, préparer dans les galeries de communication tout ce qu'il faut pour achever le bourrage, et dans cet état de choses attendre l'événement de la nuit.

Si l'attaque n'a pas lieu, et que le terrain où se trouvent les fourneaux soit exposé à l'humidité, alors on débourrera pendant le jour les bouts de rameaux pour visiter et changer les poudres, si besoin est, et vers le soir, on refera le bourrage pour se remettre dans l'état où l'on étoit la veille.

Si l'assiégeant attaque avec de grands moyens et qu'il parvienne à se loger sur la crête des glacis, au saillant et près des épaules, alors on reprendra avec activité le bourrage, que l'on continuera tant que l'ennemi se maintiendra dans ses logemens; et attendu qu'il ne restera que 10 mètres (5^toises) courans à bourrer de part et d'autre de chaque tige, l'ouvrage sera terminé dans environ trois heures. On fera alors une nouvelle tentative extérieure pour débusquer l'assaillant et reconnoître la situation de ses travaux : et si cette attaque ne réussit point, on donnera le feu à toutes les tiges, en commençant par celles des épaules et du saillant, et on profitera du désordre dans lequel ces violentes explosions mettront nécessairement l'assiégeant, pour effectuer sur les communications 12 et 13, 14 et 15, ainsi que sur les places
Fig. 51. d'armes 10 et 8, une forte irruption suivie de travailleurs, pour combler ces travaux. Dès-lors toute tentative pour

renverser la contrescarpe vis-à-vis les faces et autour des épaules, en se logeant sur la crête des glacis, deviendra impossible à travers le vaste entonnoir rempli de débris de toute espèce et les décombres qu'il aura vomis jusque sur le bord de la contrescarpe ; en sorte que l'assiégé, tranquille de ce côté, pourra reconnoître, après l'explosion et l'évacuation de la fumée, les parties conservées des galeries qui conduisoient aux rameaux d'écoute, et déboucher de ces bouts de galeries au jour suivant, pour pousser de nouveaux rameaux sous l'entonnoir continu, y rester aux écoutes, et se conduire ultérieurement ainsi que je l'ai détaillé dans la troisième partie du Traité sur la fortification souterraine, en observant de le protéger par les feux des obusiers de la lunette et des flancs *IK* de l'ouvrage intermédiaire, qui doivent tous être dirigés dans l'entonnoir continu.

Concluons donc que cette disposition offre les plus grands moyens d'arrêter l'assiégeant, soit qu'il chemine pied à pied et en fouillant le terrain, soit qu'il veuille tenter le renversement de la contrescarpe par suite d'une attaque brusquée.

Défense souterraine de l'intérieur de la lunette.

Les moyens que je propose pour cette défense consistent, 1.° en un rang de fourneaux de 3,25 mètres (10^{pieds}) de ligne de moindre résistance, placés sous le fossé parallèlement et à 3,25 mètres (10^{pieds}) de distance de l'escarpe, pour enlever les décombres des brèches et former un nouvel escarpement ; 2.° en un rang de fourneaux intérieurs sous le parapet des faces, ayant 5,85 mètres (18^{pieds}) de ligne de moindre résistance verticale et horizontale, pour détruire le logement sur la brèche ; 3.° enfin, en deux tiges de four-

neaux de 4,86 mètres (15^{pieds}) sous les épaules et les flancs, pour en détruire les parapets et remparts lorsqu'on sera forcé d'évacuer la lunette, afin d'en soumettre tout l'intérieur aux feux des ouvrages intermédiaires.

On communique à toutes ces dispositions par une galerie intérieure établie parallèlement et à 17,46 mètres (9^{toises}) de distance de l'escarpe des faces et des flancs ; elle aboutit à la galerie adossée à l'escarpe de la gorge, et de là à la grande communication sous la capitale. Cette enveloppe intérieure permet, comme on le voit, de ménager entre elle et la traverse sous la capitale tant de fougasses que l'on voudra, prêtes à jouer sous les pieds de l'assaillant, en supposant qu'il puisse tenter d'y établir un logement, soit de vive force, soit pied à pied.

Telles sont les dispositions de défense souterraine que je crois devoir préférer à toutes les autres dans le cas dont il s'agit ici ; et je demeure bien persuadé qu'elles peuvent contribuer pour beaucoup à rendre la résistance très-longue et très-meurtrière, parce que l'ennemi ne peut en éviter les effets, soit qu'il se jette dans les longueurs de la guerre souterraine, soit qu'il se décide aux sacrifices nécessaires pour renverser la contrescarpe : mais pour en assurer le plein succès, il faut supposer la place pourvue de tous les moyens principaux que demande leur exécution au moment du siége ; c'est-à-dire, avoir à ses ordres soixante et dix mineurs au moins, le double de servans, 25000 kilogrammes (50000^{lb}) de poudre, des sacs à terre en quantité suffisante, etc.

Défense des lunettes par les sorties.

Les moyens détaillés ci-devant pour la défense d'une lunette du premier rang, sont tous tirés de la lunette même, et nous avons vu que pour en assurer le plein succès il falloit les appuyer par les secours du dehors, c'est-à-dire par les sorties des garnisons des forts intermédiaires et de la place : mais pour rendre cette protection efficace, il faut que l'assiégé puisse opposer à l'assiégeant de grandes forces, parce que celui-ci ne manquera pas d'en développer de telles pour assurer ses travaux ; ce qui suppose, comme on l'a déjà dit, une forte garnison. Il faut aussi que les sorties soient fréquentes, quelquefois même répétées coup sur coup, surtout si l'ennemi tente de se loger sur la contrescarpe, et lorsqu'il s'agira des retours offensifs dans l'intérieur de l'ouvrage ; elles doivent toujours être combinées avec les autres opérations de la défense, être suivies de travailleurs et se porter en masse sur le même point.

Si toutes ces conditions peuvent être remplies et bien exécutées, il est hors de doute qu'alors la résistance d'une simple lunette pourra se prolonger bien au-delà du terme ordinaire des siéges, et même ne finir qu'avec les munitions de la place.

MÉMOIRE

Digitized by Google

MÉMOIRE

Sur le moyen de garantir des ricochets les faces des bastions d'une enceinte régulière de moyenne grandeur; suivi de recherches sur les moyens que l'on pourroit employer pour perfectionner le tracé des fronts à grandes demi-lunes.

MÉMOIRE

Sur le moyen de garantir des ricochets les faces des bastions d'une enceinte régulière de moyenne grandeur ; suivi de recherches sur les moyens que l'on pourroit employer pour perfectionner le tracé des fronts à grandes demi-lunes.

Pour faire connoître tout l'avantage d'un tracé qui garantiroit des ricochets les faces des bastions d'une enceinte de moyenne grandeur, je crois devoir commencer ce mémoire par l'exposé des effets qui peuvent résulter de ce genre de tir dans l'état actuel de nos connoissances, que le temps ne manquera pas d'augmenter encore.

La théorie actuelle des projectiles, et les nombreuses expériences faites dans les écoles de l'artillerie, ont donné pour résultats des tables qui ne permettent plus à l'artilleur d'ignorer qu'à une même distance du but il peut roidir plus ou moins le tir à ricochet, en variant la charge et le degré d'élévation : ces tables lui font voir qu'il peut remplir son objet en employant deux vîtesses initiales différentes, dont la plus grande, exigeant moins d'élévation à la pièce, procure des ricochets rasans, et dont l'autre plus élevée donne des ricochets plus plongeans. Il sait qu'en employant la petite vîtesse à une distance d'environ 582 mètres (300 toises), avec les calibres

de seize et vingt-quatre, il faudra donner à ces pièces 168 millimètres et 2 décimètres (6 et 8^{pouces}) de hausse, ou 4° 53′ et 5° 48′ d'élévation, qui produiront des courbes dont les sommets, situés en-deçà du but, s'élèveront d'environ 16,50 mètres (50^{pieds}) au-dessus du niveau de la batterie, et qui se trouveront par conséquent à 8 ou 9 mètres (4 ou 4$\frac{1}{2}$^{toises}) au-dessus de ce niveau lorsqu'elles auront parcouru la moitié de l'étendue de chaque branche ascendante et descendante.

Il sait enfin que les petites charges employées pour le tir à ricochets fatigant peu les pièces et leurs affûts, il est le maître, en diminuant la charge et augmentant proportionnellement l'élévation, d'augmenter aussi la hauteur du sommet de la courbe et de ses parties intermédiaires au-dessus du niveau de la batterie, ainsi que l'ouverture de l'angle de chute, qui est toujours beaucoup plus grande que celle de l'angle de projection.

Il résulte de ces connoissances, généralement répandues dans l'artillerie,

1.° Que l'assiégeant peut établir, en avant de chaque parallèle de l'attaque, une batterie à ricochet sur le prolongement d'une même face d'ouvrage: par exemple, si la première batterie est placée à 524 mètres (270^{toises}) de l'ouvrage à battre, en divisant cette distance en trois parties, il pourra en établir une seconde à 349 mètres (180^{toises}) du but, et une troisième à 175 mètres (90^{toises});

2.° Que ces trois batteries pourront agir ensemble et sans se nuire, en employant la petite vîtesse initiale pour le service des batteries dont les mobiles doivent passer au-dessus de celles plus rapprochées de la place;

3.° Enfin, que l'assiégeant sera encore le maître d'établir

ces trois batteries, quand bien même la nature du terrain situé sur le prolongement l'obligeroit à les rapprocher ou à les éloigner davantage les unes des autres, en proportionnant à ces différentes et inégales distances les charges et degrés d'élévation à donner aux premières batteries.

Avant de terminer ce qui a rapport à la position des batteries à ricochet, je ferai observer que l'on peut employer pour ce genre de tir non-seulement les canons et obusiers, mais aussi les gros et petits mortiers, en donnant au coussinet des affûts assez de volume pour que, en l'ôtant, le mortier puisse se pointer sous un angle de cinq à six degrés; cette petite élévation fatigueroit moins l'affût, par la plus grande liberté qu'il auroit de reculer, et une bombe, toujours au moment d'éclater et ricochant sur une face d'ouvrage, y occasionneroit de bien plus grands effets, au moral comme au physique, qu'un boulet ordinaire.

J'ai vu, en 1793, à l'école d'artillerie de Metz, un mortier de 2,18 décimètres (8^{pouces}), chargé seulement de 0,30 kilogrammes (10^{onces}) de poudre, et pointé sous l'angle de cinq degrés et demi, porter sa bombe du premier bond à 136 mètres (70^{toises}); et avec la charge de 0,37 kilogrammes (12^{onces}), sous le même degré, la distance de la première chute a été de 188 mètres (97^{toises}): d'où je conclus qu'en augmentant la charge et l'élévation de quelques degrés, ce premier bond pourroit atteindre aisément à 390 ou 480 mètres (200 ou 250^{toises}).

D'après ce qui précède, on peut démontrer jusqu'à l'évidence que si l'assiégeant veut éteindre entièrement tous les feux d'une face d'ouvrage soumise aux ricochets, et en rendre le terre-plein inabordable avant qu'il n'arrive au pied du glacis, il y réussira en armant successivement les batteries

de ses trois parallèles. En effet, lorsque la première batterie, composée de quatre bouches à feu, sera en activité, elle emploiera la grande vîtesse ou les ricochets rasans jusqu'au moment où l'on construira la seconde batterie : alors elle se servira de la seconde vîtesse ou des ricochets plus plongeans; tandis que la deuxième batterie, mise à son tour en activité et également composée de quatre bouches à feu, emploiera les ricochets rasans jusqu'au moment de la construction de la troisième batterie, qui s'exécutera sous la protection des deux premières, et qui, étant destinée à recevoir des obusiers pointés sous des angles de dix à treize degrés, n'aura besoin pour embrasures que de simples entailles dans la moitié de l'épaisseur du parapet. Cette troisième batterie joignant le feu de ses quatre pièces à ceux des autres, il en résultera,

1.° Qu'avant l'arrivée de l'assiégeant au pied du glacis, la face pourra être battue par douze bouches à feu, dont les huit des deux premières batteries, tirant sous l'élévation d'environ huit degrés, fourniront, dans leurs bondissemens sur la branche, des ricochets assez rasans pour détruire promptement ce qui pourroit encore rester d'artillerie; tandis que les quatre obusiers de la troisième batterie, tirant sous l'élévation de dix à douze degrés, à une très-petite distance, et par conséquent avec de foibles charges, donneront des angles de chute beaucoup plus ouverts, et assez rapprochés de l'aplomb pour atteindre tout ce qui voudroit chercher un abri derrière les parapets même des traverses, dont les masses seront aussi bientôt détruites par l'effet des petites fougasses que produiront les obus en s'enfonçant de trois ou quatre pieds dans ces masses.

2.° Que les huit pièces des deux premières batteries pou-

vant tirer aisément soixante-quatre coups par heure, dont au moins un tiers portera, vingt-un boulets ou bombes doivent tomber sur le terre-plein pendant ce laps de temps ; et que les quatre obusiers de la troisième batterie tirant également trente-deux coups par heure, et à cette proximité au moins moitié devant porter, on aura seize obus tombant sur le terre-plein, qui recevra par conséquent dans une heure vingt-un boulets ou bombes ricochant, et seize obus tombant presqu'a-plomb.

3.° Enfin que les points et les angles de chute pourront varier à chaque coup et à la volonté de l'assiégeant, par suite de la moindre différence, soit dans la charge, soit dans l'élévation.

En voilà, je crois, bien assez pour prouver que les défenseurs accablés partout, même derrière les traverses, et sans relâche, lorsque l'assiégeant le voudra, n'auront d'autre moyen de se garantir qu'en évacuant l'ouvrage, ou en blindant les parties qui peuvent présenter à l'artillerie des positions fixes, ce qui ne peut pas trop convenir aux bastions, à moins que d'admettre le blindage de la plus grande partie des faces.

Mon intention n'est pas d'inférer de ce qui précède l'établissement et l'armement complet de trois batteries sur chaque prolongement de tous les ouvrages attaqués, puisqu'il faudroit alors à l'assiégeant une quantité prodigieuse et inadmissible d'artillerie et de munitions : j'ai seulement voulu prouver que lorsque le bastion attaqué est soumis aux ricochets, l'assiégeant sera le maître, quand il le voudra, d'en rendre nulle la défense, même celle de la plus grande partie des flancs, avant son arrivée au pied du glacis; ce qui me

suffit pour prouver aussi l'immense supériorité d'un tracé qui garantiroit des ricochets les faces des bastions, sur celui dans lequel ces faces y seroient exposées.

Les grands avantages que procure à la défense des places le tracé à grandes demi-lunes, lorsque le polygone est assez ouvert pour qu'elles puissent garantir des ricochets les faces des bastions, m'ont fait naître l'idée de chercher s'il seroit possible de procurer les mêmes avantages à une enceinte régulière de moyenne grandeur; en conséquence je me suis proposé le problème suivant.

PROBLÈME.

Trouver le moyen de placer les bastions dans de grands rentrans, et de garantir leurs faces des ricochets, par les demi-lunes, dans une enceinte moyenne d'environ 563 *mètres* ($281\frac{1}{2}^{toises}$) *de rayon, en observant les conditions suivantes :*

1.° *Que l'angle diminué soit de dix-huit degrés et demi, et que l'angle saillant de la demi-lune ne soit pas moindre que soixante degrés ;*

2.° *Que les flancs et la courtine aient les mêmes dimensions que dans le grand tracé de* 349,20 *mètres* (180^{toises}) *de côté ;*

3.° *Que le prolongement de la face du bastion traversant la demi-lune coupe sa capitale à* 18 *mètres* (9^{toises}) *au moins, en-deçà du saillant, afin de laisser en dehors du prolongement toute la masse du parapet de ce saillant ;*

4.° *Que le sommet de la demi-lune ne soit pas éloigné des faces des bastions au-delà de* 198 *mètres* (99^{toises}), *afin de réduire*

réduire à environ 186 *mètres* (96^{toises}) *la portée du fusil ordinaire de l'infanterie placée sur ces faces et defendant le passage du fossé de la demi-lune, et qu'il en soit de même par rapport aux feux des places d'armes du chemin couvert défendant la crête du glacis au saillant de la demi-lune.*

SOLUTION.

D'après les première, deuxième et quatrième conditions du problème, les lignes et les angles ci-après sont fixes et déterminés, savoir : *Pl.* 12, *fig.* 51.

La ligne $xo = 65{,}53$ mètres ($33\frac{4}{5}^{\text{toises}}$).

Dans le triangle mqo,
- l'angle $mqo = 30°$ ′.
- $moq = 71$ 30.
- $omq = 78$ 30.
- le côté $mq = 198{,}00$ mètres (102^{toises}).
- $mo = 104{,}53$ ($53\frac{4}{5}$).
- $oq = 204{,}47$ ($105\frac{2}{5}$).

Retranchant xo de mo, on aura $mx = 39$ mètres (20^{toises}), pour la plus grande distance qu'il puisse y avoir entre l'épaule x et le point m où le prolongement de la face de la demi-lune coupe celle du bastion.

Si de qo on retranche qe, que je fais $= 18{,}10$ mètres ($9{,}33^{\text{toises}}$), on aura $oe = 186{,}37$ mètres ($96{,}07^{\text{toises}}$), et la ligne qui passera par le point e et le saillant c sera le prolongement de la face du bastion couverte par la demi-lune, conformément à la troisième condition de l'énoncé ; la question se réduit donc à déterminer quelle doit être l'étendue de la partie saillante mc de la face du bastion, pour que celui-ci appartienne à un polygone régulier d'environ 563 mètres (290^{toises}) de rayon.

Si l'on faisoit $mc = 77{,}60$ mètres (40^{toises}), ce qui est sa

plus grande longueur, puisque alors le côté du front seroit de 349,20 mètres (180^{toises}), on auroit co = 181,93 mètres (93,78^{toises}); et puisque l'on connoît oe et l'angle coe, on en déduiroit l'angle oce = 55° 13′, et par conséquent l'angle du bastion = 124° 47′, mesure qui appartient à un polygone de vingt côtés de 349,20 mètres (180^{toises}) l'un, et de 1115,50 mètres (575^{toises}) de rayon.

A mesure que le point c s'approchera de m, l'angle oce s'ouvrira, et le nombre des côtés ainsi que le rayon du polygone diminueront; mais ce rapprochement est borné par l'étendue qu'il faut laisser à la partie saillante mc, pour flanquer le fossé de la demi-lune, ainsi que le terre-plein et la crête du parapet de son chemin couvert, et dont le minimum est de 38,80 mètres (20^{toises}), qui se réduisent intérieurement à 32,32 mètres (16,66^{toises}), espace absolument nécessaire pour la défense de flanc ci-dessus.

Si donc on fait cm = 38,80 mètres (20^{toises}), on aura co = 143,13 mètres (73,78^{toises}); cb = 135,80 (70^{toises}); l'angle oce = 64° 41′, et par conséquent celui du bastion = 115° 19′, mesure propre au tridécagone de 271,60 mètres (140^{toises}) de côté et de 566,48 mètres (292^{toises}) de rayon: donc en réduisant le côté extérieur à 271,60 mètres (140^{toises}), on peut établir sur un terrain d'une étendue moyenne, telle que celle propre au décagone de 349,20 mètres (180^{toises}) de côté, un tridécagone régulier dont les bastions seront placés dans de grands rentrans, et les faces garanties des ricochets par les demi-lunes, conformément à l'énoncé du problème.

On voit aisément qu'aucune réduction dans les parties om et mc, et par conséquent dans l'étendue du rayon, ne pourroit avoir lieu sans affoiblir les moyens de défense et dimi-

nuer la capacité intérieure nécessaire à la garnison que comportent les ouvrages; d'où il suit que le tridécagone de 271,60 mètres (140^{toises}) de côté, correspondant pour l'étendue au décagone de 349,20 mètres (180^{toises}), est le premier et le plus petit polygone qui puisse satisfaire à la question.

Si le rayon, au lieu d'être de 566,48 mètres (292^{toises}) étoit de 783,76 mètres (404^{toises}), valeur du rayon d'un quadridécagone de 349,20 mètres (180^{toises}) de côté, alors on pourroit substituer à ce polygone un octodécagone de 271,60 mètres (140^{toises}), dont les moyens de défense croîtroient considérablement, attendu que les capitales des demi-lunes se rapprocheroient beaucoup du parallélisme, et que le prolongement de la face du bastion couperoit la capitale de sa demi-lune à 50,44 mètres (26^{toises}) en deçà du saillant, au lieu de 18,10 mètres (9,33^{toises}).

Dans le tracé du front du tridécagone, je compose la demi-lune à l'ordinaire; mais la partie des branches vis-à-vis les faces du réduit est d'un mètre (3^{pieds}) plus basse que la partie qui forme le saillant; je donne 23,28 (12^{toises}) aux flancs du réduit, et je termine les faces de la demi-lune à 7,76 mètres (24^{pieds}) en dehors de l'alignement de la contrescarpe du bastion.

Je donne 23,28 mètres aux branches des places d'armes rentrantes, et j'établis un petit réduit dans cet espace.

Je termine le chemin couvert des grandes branches à 58,20 mètres (30^{toises}) en-deçà du sommet de l'angle de la demi-lune, et je continue les glacis sur le restant de la contrescarpe.

Le fossé du corps de place a 27,17 mètres (14^{toises}) de largeur, ceux de la demi-lune et de son réduit à l'ordinaire.

Je donne aux ouvrages les commandemens suivans au-dessus de la campagne: au saillant du bastion, 7,76 mètres

(24 pieds); à l'épaule, 8,24 mètres (25,5 pieds); à l'angle du flanc, 8,50 mètres (26,33 pieds), et au milieu de la courtine, 8,97 mètres (27,75 pieds); à la tenaille, 1,44 mètres (4,5 pieds); au réduit de la demi-lune, 7,19 mètres (22,25 pieds); à la demi-lune, 5,33 mètres (16,5 pieds); au réduit de la place d'armes rentrante, 3,23 mètres (10 pieds); à la crête du glacis des places d'armes rentrantes, 2,58 mètres (8 pieds); à l'extrémité du chemin couvert, 2,26 mètres (7 pieds), et à l'arrondissement de la contrescarpe de la demi-lune, 1,94 mètres (6 pieds).

Ce tracé est fondé sur les raisons suivantes.

Fig. 55. 1.° Un seul coup d'œil suffit pour se convaincre de l'extrême difficulté de pouvoir battre en brèche le bastion avec des pièces en batterie, soit sur la crête ou dans l'intérieur de la petite place d'armes saillante, soit dans le terre-plein des petits réduits, lesquels sont ici vus entièrement par la courtine et les flancs : de là il suit que l'assiégeant aura peine à pénétrer dans la place ailleurs que par la brèche faite par la trouée de la demi-lune; et pour lui ôter toute idée de tenter un assaut par cette brèche avant que d'être entièrement maître des réduits des demi-lunes, j'ai donné à leurs flancs l'étendue nécessaire pour recevoir quatre bouches à feu, lesquelles, prenant la brèche de revers, rendent l'assaut impossible tant que l'assiégé pourra les conserver.

2.° Les réduits des places d'armes, quoique très-petits, rempliront deux objets essentiels, celui de recevoir sur chaque face deux pièces légères tirant à cartouche, et l'autre d'occuper la plus grande partie du rentrant.

3.° Le point le plus important à défendre dans ce tracé est l'établissement de l'assiégeant sur la crête des glacis du saillant de la demi-lune : c'est sur ce point que tous les feux

de la place doivent se réunir; et les plus dangereux pour l'assiégeant seront sans contredit ceux qui partiront des demi-lunes collatérales. De là il suit que si le chemin couvert régnoit jusqu'à la capitale de la demi-lune, l'ennemi ne manqueroit pas d'attaquer de vive force la place d'armes et de s'établir dans son terre-plein, où il se trouveroit entièrement à l'abri des feux les plus meurtriers pour lui, et où il feroit par un travail ordinaire ses dispositions de batteries. N'est-il donc pas bien important de le priver de cet abri et de le tenir accablé dans tous les sens, pendant tout le temps qu'exigeront les grands travaux qu'il aura à faire, sous tous les feux réunis des demi-lunes collatérales et des autres ouvrages? Je sais que cette suppression privera les sorties de l'appui qu'elles en reçoivent, et qu'au moment où l'assiégeant construira sa troisième parallèle, on perdra le feu de mousqueterie de la branche supprimée; mais il ne faut pas trop compter sur cet appui, attendu le tir à ricochet auquel cette branche seroit soumise, et je demeure persuadé que les inconvéniens de cette suppression doivent céder à l'avantage inappréciable de forcer l'assiégeant à des travaux immenses sur un des points les plus importans à défendre. Je terminerai cet article par une observation qui vient encore à l'appui de ce qui précède : c'est que la position des pièces des demi-lunes et de leurs réduits étant naturellement déterminée et fixée vers les saillans, où elles prendront les plus grands revers possibles, on ne sera pas dans le cas de les changer de place; d'où il suit qu'on pourra les y blinder, ce qui est le seul moyen que je connoisse pour les garantir des ricochets et plongées, surtout lorsque les trois parallèles de l'assiégeant seront établies.

4.° L'objet que je me suis proposé en réglant les commandemens ci-dessus, a été de faire concourir à la défense des approches le réduit de la demi-lune, ainsi que les flancs et les courtines du corps de place; en conséquence ce réduit peut agir en avant de lui sans nuire à l'action de sa demi-lune, et il en est de même des flancs et courtines par rapport aux petits réduits des places d'armes rentrantes.

Ce front ne me paroît susceptible d'aucune addition d'ouvrages extérieurs. Le peu d'espace qui reste sur la face du bastion, entre son saillant et sa brèche par la trouée de la demi-lune, m'avoit engagé à couvrir cette face par une contregarde divisée en deux parties, l'une haute du côté du saillant, et l'autre basse, disposée de manière qu'après l'éboulement de son parapet le bastion voyoit dans le fossé de la demi-lune. Mais cette contregarde avoit les inconvéniens suivans: 1.° d'être en prise aux ricochets; 2.° d'augmenter considérablement la dépense; 3.° après la prise du réduit de la demi-lune, son fossé et la brèche restoient sans défense; 4.° enfin, elle masquoit les flancs et la courtine, et privoit la défense contre les approches, de l'appui vigoureux qu'elle doit recevoir de la part de ces feux conservés. En conséquence j'ai supprimé cet ouvrage, sauf à élever vis-à-vis la brèche, lorsque les batteries de l'assiégeant seront établies sur la crête de la contrescarpe de la demi-lune, un second parapet intérieur, formé d'une partie des terres de l'ancien, et assez éloigné de celui-ci pour ne pas être entraîné avec lui. Ce parapet est ponctué sur le plan.

Fig. 55. En comparant le tridécagone de 271,60 mètres (140^{toises}) avec le décagone de 349,20 mètres (180^{toises}), ayant mêmes demi-lunes, mêmes commandemens et glacis, j'ai trouvé que

la dépense des treize fronts du premier excédoit d'environ un huitième celle des dix fronts du second : d'où il suit que si la durée de la résistance du décagone est de trente-huit jours, il faut que celle du tridécagone soit de quarante-quatre jours ou six jours en sus pour équilibrer la dépense avec la résistance ; et que, si celle-ci excède les six jours en sus, il y aura avantage.

Je n'ai point fait le relevé du temps que l'assiégeant seroit obligé d'employer à l'exécution des différens ouvrages qui doivent le conduire à l'une ou l'autre place, parce que je n'ai pas assez de données pour déterminer la durée de ce temps dans les momens les plus importans de l'une et l'autre attaque ; je m'explique : si la tête du travail ennemi, débouchant de sa troisième parallèle ou couronnant la contrescarpe de la demi-lune, est battue d'une part par une nombreuse artillerie intacte et garantie sur ses flancs et ses derrières, et de l'autre part par un moindre nombre de pièces, dont une partie à demi démontées et exposées en tous sens à l'action des ricochets et plongées ; je demande comment l'on doit apprécier le temps qu'emploiera cette tête de travail dans l'une et l'autre attaque, pour exécuter un développement d'ouvrage donné. Je placerai encore ici la question suivante. Un front d'attaque, faisant partie d'un hexagone régulier, ne peut être défendu que par des moyens proportionnés à la capacité intérieure de ce polygone : mais s'il faisoit partie d'une enceinte irrégulière d'une plus grande capacité, alors ses moyens de défense et par conséquent sa résistance croîtroient dans le rapport d'augmentation de la garnison et des bouches à feu ; cependant les ouvrages de l'assiégeant pour arriver aux deux places seroient les mêmes. Je demande donc quelles sont

les bases qui doivent servir à établir cette différence de résistance, ou, ce qui revient au même, quels sont les moyens de déterminer, dans les deux cas, l'unité de temps par mètre courant d'un développement d'ouvrage.

Il me semble qu'il y auroit beaucoup à dire sur cette question, qui demeurera toujours indéterminée, attendu que sa solution sera relative au plus ou moins de capacité de la place, qui entraîne nécessairement plus ou moins de moyens de résistance.

En attendant que j'aie pu me procurer ces renseignemens dans la suite de l'ouvrage de S. Paul, je me bornerai à examiner ici les principaux moyens que présente le tridécagone pour prolonger sa résistance au-delà des six jours qu'exige l'état d'équilibre des dépenses, en ne prenant le siége qu'à l'époque où l'ennemi a terminé et armé sa troisième parallèle, et qu'il en débouche pour exécuter sa sape circulaire, parce que c'est à cette époque que la différence entre les moyens de résistance devient plus sensible.

1.° A l'attaque *A* les têtes *e* et *c* du travail ennemi, débouchant de la troisième parallèle, sont vues par moitié, au moins, de la courtine joignant le flanc *a b*, tandis qu'à l'attaque *B* il n'y a qu'une petite partie de la courtine joignant le flanc *a' b'* qui ait vue sur les têtes *e' c'*; les moyens de résistance sont donc déjà plus grands à l'attaque *A* qu'à celle *B*, et si on y ajoute la différence d'effets entre le service de l'artillerie du bastion *A* et celui du bastion *B*, tourmenté alors par les ricochets et plongées des trois batteries ennemies établies sur les prolongemens de ses faces, on conclura qu'il doit en résulter une exécution plus lente dans les travaux ennemis. Que l'on ne dise pas que la grande étendue de la face

face du bastion *B* donne le moyen de suppléer à la courtine ; car plus on mettra de pièces sur cette face, à cette époque du siége, plus tôt l'artillerie de la place sera détruite, à moins que de la placer sous des blindages, ce qui n'est guères praticable pour le corps de place, vu le déplacement presque continuel des pièces pour une bonne défense.

2.° Le point *d*, où se réunissent les branches *ed*, *cd*, est vu à l'attaque *A* par la moitié du flanc *ab* et plus du tiers de la courtine, tandis qu'à l'attaque *B* il ne peut être vu que par le flanc; et à mesure que le travail approchera de l'arrondissement de la contrescarpe, il sera vu par une plus grande partie du flanc *ab*, et à l'attaque *B* par une moindre partie du flanc *a' b'*.

3.° Au moment le plus important du siége, celui où l'ennemi couronnera la crête *fg*, son travail sera vu en face à l'attaque *A* par tout le flanc *ab* et un sixième de la courtine, tandis qu'à l'attaque *B* il ne peut être vu ni par la courtine ni par le flanc *a' b'*; d'où il suit une augmentation de dix pièces au moins dans les moyens de résistance, sans compter la différence considérable d'effets dans les feux des deux bastions, ce qui doit nécessairement opérer une très-grande différence dans la durée du temps nécessaire à l'exécution des grands travaux que l'ennemi doit exécuter sur ce point.

4.° La quatrième parallèle de l'assiégeant, joignant les couronnemens, passera à l'attaque *A* au pied des glacis, tandis qu'à l'attaque *B* elle s'élèvera presqu'à moitié.

5.° Le passage des fossés des demi-lunes et de leurs réduits, ainsi que le logement sur les brèches, seront défendus à l'attaque *A* par les faces du bastion encore en bon état, tandis qu'à l'attaque *B* ces feux seront alors presqu'éteints.

6.° L'ennemi aura près du double de chemin à faire pour arriver aux saillans *i k m* de l'attaque *A*, que pour atteindre ceux *i' k' m'* de l'attaque *B*.

7.° A l'attaque *A* le flanc *a b* ne peut être battu que par six pièces sur les branches *k o*, *i n*, tandis qu'à l'attaque *B* il y en aura huit sur la branche *k' o'* contre le flanc *a' b'*.

8.° Le rayon du cercle inscrit dans le tridécagone et passant au pied du talus du rempart, étant d'environ 26,19 mètres (80^{pieds}) plus grand que celui du cercle pareillement inscrit dans le décagone, je compte parmi les moyens propres à accroître la résistance du premier polygone, celui qui doit résulter de cette plus grande capacité intérieure, puisqu'on pourra employer cet excédant de surface à y multiplier les établissemens militaires, d'où résulteront une plus forte garnison, un armement et des munitions plus considérables, et par conséquent une plus grande résistance.

Il me semble, d'après ce qui précède, que l'excédant de dépense seroit compensé, et bien au-delà, par celui de la défense, ce qui me suffit pour justifier cet excédant.

EXAMEN

Des objections que l'on peut faire contre le tracé du tridécagone de 271,60 mètres (821^{pieds}) de côté.

Je crois que l'on ne peut opposer à ce tracé qu'une plus grande dépense, et un plus grand nombre de bastions. La première de ces objections tombera d'elle-même, si la résistance augmente en proportion de l'accroissement de dépense. Ce qui précède peut déjà suffire pour justifier cet excédant de

dépense ; j'ajouterai cependant encore, avant de passer à l'examen de la seconde objection, que l'expérience des siéges passés me paroît peu propre à déterminer la durée du temps nécessaire à l'assiégeant pour exécuter les différens ouvrages qui doivent le conduire aux deux places,

1.° Parce que ces siéges ont été généralement dirigés contre deux bastions dont on couronnoit les chemins couverts en même temps que celui de leur demi-lune, ce qui permettoit presque toujours d'ouvrir les trois ouvrages en même temps ; avantage qui ne peut avoir lieu dans le tracé à grandes demi-lunes, d'où il doit résulter une plus longue durée dans les siéges ;

2.° Parce que le tir à ricochet n'ayant été perfectionné que postérieurement aux derniers siéges un peu importans, les effets qui en résulteront aujourd'hui, et qui peuvent être multipliés au gré de l'assiégeant, doivent nécessairement détruire en grande partie le résultat des anciens siéges, et diminuer désormais la durée des siéges en raison du plus ou du moins d'ouvrages qui seront soumis à ce fléau destructeur.

Ces deux observations me paroissent suffire pour conclure que les bases posées sur les effets des siéges passés sont peu propres à résoudre la question dont il s'agit ici, et qu'en attendant que l'expérience ait prononcé sur la durée des siéges des fronts à grandes demi-lunes, qui réduisent l'attaque à un seul bastion, on doit chercher les moyens de comparaison des résistances du tridécagone et du décagone, dans le plus ou le moins d'ouvrages soumis aux ricochets, et dans les dispositions des autres parties de l'enceinte plus ou moins propres à flanquer les points essentiels de l'attaque. Mais il ne faut pas perdre de vue que le problème restera toujours

indéterminé, et que l'on ne pourra jamais conclure de la seule inspection des ouvrages d'un front d'attaque, que la durée de sa résistance sera de tant de jours, puisque cette fixation, qui peut convenir dans l'hypothèse de certains moyens de défense donnés, ne sera plus la même si ces moyens changent en plus ou en moins. Cependant, comme les effets doivent toujours être en rapport avec les causes qui les produisent, j'en conclus que, pour fixer les idées sur cet objet, il faudroit pouvoir déterminer le maximum de résistance d'un front d'attaque, résultant des plus grands moyens possibles donnés à l'assiégé, parce qu'alors on pourroit déduire, par analogie, celle relative à des moyens qui seroient moindres.

Cette question seroit très-intéressante à soumettre à l'examen, parce qu'elle se trouveroit liée à beaucoup d'autres qui sont encore à résoudre, telles que la fixation du plus grand nombre de bouches à feu à employer, les genres et calibres des pièces les plus convenables, les positions les plus avantageuses à leur donner, l'espèce de tir et le service journalier ; ce qui conduiroit à établir un rapport raisonné entre les différentes armes qui doivent composer le maximum de la garnison : il faudroit enfin pouvoir apprécier les effets de l'artillerie et de la mousqueterie sur les travaux de l'assiégeant, afin d'en déduire l'unité de temps nécessaire à la confection de tel ou tel ouvrage.

Quoique nous n'ayons pas assez de données ni d'expériences sur tous ces intéressans objets, et que par conséquent on ne puisse encore les traiter qu'à l'aide des hypothèses, cela ne m'empêchera pas de m'en occuper un jour, si le temps me le permet, ne fût-ce que pour mettre sur la voie ceux qui

Digitized by Google

viendront après moi; en attendant je vais passer à l'examen de la seconde objection.

Elle peut au premier aspect jeter quelque défaveur sur mon idée; mais elle perd beaucoup de son importance, si l'on examine les effets qui doivent en résulter; et je crois même qu'une tête plus éclairée que la mienne pourroit aisément donner des raisons propres à l'anéantir entièrement.

La diminution du côté extérieur produit nécessairement un plus grand nombre de bastions. Je conviens donc qu'il y aura plus de points sur lesquels l'ennemi pourra se porter: mais je ne conviens pas qu'il puisse en résulter un plus grand nombre d'attaques; celui-ci est toujours très-borné par suite de l'immense quantité d'approvisionnemens qu'il entraîne à sa suite, et peut-être n'y a-t-il pas d'exemple qu'il se soit jamais élevé au-dessus de trois. De plus, ce nombre d'attaques est soumis à la nature du terrain environnant, ou à l'étendue de la place, à l'importance de sa position et aux raisons que peut avoir l'ennemi de s'en rendre maître plus ou moins promptement. Je vais développer succinctement cette assertion.

1.° Si la place est régulière et située en plaine uniforme, tous ses fronts seront égaux, et l'assiégeant dirigera contre elle, une, deux, ou trois attaques au plus, suivant son importance ou son étendue; sans s'inquiéter si cette étendue est terminée par dix ou treize bastions: ses parallèles demanderont à la vérité moins de développement dans le tridécagone; mais c'est précisément cette concentration des attaques à mesure de leurs progrès vers la place, qui augmentera les moyens de résistance de l'assiégé. Ainsi, dans cette première hypothèse, quelques bastions de plus sur l'enceinte ne produiront pas un plus grand nombre d'attaques.

2.° Si la place est située de manière à ne présenter que quelques parties de son enceinte contre lesquelles l'ennemi puisse se diriger, il y aura toujours, quel que soit le tracé, sur chacune de ces parties que l'on suppose abordables, un ou plusieurs bastions, ou au moins une demi-lune, dont les capitales seront accessibles ; ce qui suffira à l'assiégeant pour y conduire une attaque : ainsi, dans cette seconde hypothèse, le nombre des attaques dépendra du nombre des parties de l'enceinte qui pourront être abordées, et non pas de quelques capitales de plus ou de moins sur leur étendue. Mais, dira-t-on, la largeur de l'étendue abordable étant donnée, si vous diminuez le côté extérieur, vous aurez nécessairement un plus grand nombre de capitales ou de points d'attaque sur lesquels l'ennemi pourra se diriger. Je conviens qu'il résultera de mon tracé quelques capitales de plus, en raison de la largeur de l'étendue donnée : mais ce ne sera pas l'augmentation d'une ou de deux capitales qui augmentera le nombre des attaques de l'assiégeant dans cette partie ; ce sera uniquement son plus ou moins d'étendue : en sorte que, si elle embrasse environ moitié de l'enceinte, il pourra y diriger deux attaques à peu près opposées ; mais si elle ne contient qu'un, deux ou trois bastions, il n'y aura jamais qu'une attaque, puisque leur diversité ayant pour principal objet la division des moyens de défense de la place, ce but ne seroit pas rempli si on réunissoit deux attaques sur un petit espace où toutes les forces de l'assiégé pourroient être concentrées.

Mais, dira-t-on encore, la largeur de l'espace abordable pouvant être occupée par deux capitales de l'ancien tracé ; si le vôtre en exige trois, vous donnerez nécessairement un chemin de plus à l'assiégeant pour arriver à la place? A cela

je réponds que les nombres des capitales des deux places étant entre eux comme vingt est à vingt-six, pour que le tridécagone en fournisse une de plus que le décagone, il faudra que celui-ci en donne trois : d'où je conclus, 1.° que si la largeur de l'espace donné ne peut contenir qu'une ou deux capitales du décagone, abordables dans toute leur étendue, elle n'en contiendra pas plus que le tridécagone; il y aura tout au plus, dans ce dernier tracé, une troisième capitale dont quelque partie traversera la largeur de l'espace; 2.° que si la largeur donnée comporte trois capitales du décagone, elles suffiront à l'assiégeant, et la quatrième, alors fournie par le tridécagone, lui deviendra superflue.

Il me semble donc que tout dépendra du tact de celui qui sera chargé de fortifier l'étendue abordable, et de son plus ou moins d'aptitude à soumettre son tracé aux localités, de manière qu'il puisse en résulter d'une part les plus grands moyens de résistance, et de l'autre, les plus grandes difficultés dans les approches.

Je vais entrer dans quelques détails à ce sujet, non pas que j'aie la folle prétention de viser à cette justesse de tact qui appartient à peu de personnes, mais uniquement pour donner plus de développement à mon principe sur les moyens de garantir des ricochets les faces des bastions.

J'ai démontré qu'en réduisant le côté extérieur à 271,60 mètres (140^{toises}), on pouvoit garantir des ricochets les faces des bastions d'une enceinte ou portion d'enceinte de 566,48 mètres (292^{toises}) de rayon, le côté extérieur sous-tendant un arc de 27° 41′; et que si ce rayon étoit de 1115,50 mètres (575^{toises}), on obtiendroit le même avantage avec un côté extérieur de 349,20 mètres (180^{toises}), sous-tendant un arc de 18° 13′ : on

peut donc aussi l'obtenir avec tous les rayons compris entre 566,48 et 1115,50 mètres (292 et 575 toises), au moyen d'un côté extérieur proportionnel et compris entre 271,60 et 349,20 mètres (140 et 180 toises). De là résulte une infinité de moyens d'adapter le tracé à l'étendue et aux localités d'une portion d'enceinte à fortifier, sans perdre le précieux avantage de couvrir les faces des bastions par les demi-lunes. Le tableau ci-après donne les rayons du cercle qui correspon-
Fig. 54. dent aux différentes longueurs du côté extérieur, depuis 271,60 à 349,20 mètres (140 à 180 toises), augmentant de 9,70 en 9,70 mètres (30 pieds), ainsi que les différens accroissemens d'étendue de la partie saillante *c m* du bastion, la demi-lune et la partie *q e* de sa capitale restant les mêmes.

Longueur du côté extérieur.		Partie saillante *c m* du bastion.		Angle *d c x* du bastion.	Arc soutenu par le côté extérieur.	Rayon du polygone.	
mètres.	toises.	mètres.	toises.	degrés.	degrés.	mètres.	toises.
271,60	140	38,80	20,00	115° 19′	27° 21′	566,48	292
281,30	145	43,79	22,62	116.45	26.15	636,32	328
291,00	150	48,92	25,22	118.00	25.00	688,70	355
300,70	155	54,16	27,92	119.22	23.38	749,81	386½
310,40	160	59,40	30,62	120.39	22.21	816,74	421
320,10	165	64,45	33,22	121.50	21.10	886,58	457
329,80	170	69,49	35,82	123.00	20.00	964,18	497
339,50	175	74,14	38,22	124. 3	18.87	1045,66	539
349,20	180	77,60	40,00	124.47	18.13	1115,50	575

Ajoutons présentement quelques applications du principe.

1.° Si la largeur de l'étendue abordable n'étoit que d'environ 349,20 mètres (180 toises), on pourroit placer vers le milieu un

un bastion de 116,40 mètres (60 toises) de faces, lesquelles seroient couvertes par les demi-lunes tracées d'après mon principe, si l'on pouvoit toutefois donner environ 125 degrés d'ouverture à l'angle saillant; on rempliroit le même objet sur une moindre largeur, en diminuant, d'après le tableau ci-dessus, la longueur des faces et l'ouverture du saillant.

2.° Supposons que la largeur à fortifier, comprise entre les points *a* et *b*, soit de 1067 mètres (550 toises); que le terrain *Pl. 13. fig. 56.* en avant soit sensiblement uniforme; que les flancs soient couverts, et que l'on soit obligé de placer sur les points *a* et *b* les saillans de deux bastions pour raccorder les faces *ac*, *bd*, données de position : il est évident qu'alors on ne pourroit rien faire de mieux que d'employer le tracé en ligne droite et trois fronts de 355,66 mètres (183 toises) l'un. Mais si les localités extérieures, ou le besoin d'agrandir l'espace intérieur, obligeoient d'occuper le terrain en avant du milieu de *ab*, vers le point *e*, distant de *f* d'une quantité que je suppose de 194 mètres (100 toises) : alors, pour déterminer le tracé qui conviendroit ici, je chercherois d'abord le rayon de l'arc de cercle qui a *ab* pour corde et *ef* pour flèche; ce rayon seroit de 830,32 mètres (428 toises), et l'arc sous-tendu par *ab*, d'environ quatre-vingts degrés. J'observerois ensuite que le tracé en ligne droite ayant donné trois fronts de 355,66 mètres (183 toises), il faudroit nécessairement augmenter leur étendue si l'on vouloit occuper l'arc *aeb* avec ces trois fronts, dont chacun seroit alors de 382,18 mètres (197 toises), sous-tendant un arc de 26° 40′; ce qui pourroit peut-être s'exécuter, vu le rapport de la portée actuelle de nos armes à feu avec celle qui existoit il y a un siècle. Mais il ne seroit pas possible de couvrir les nouveaux bastions par leurs

demi-lunes, d'après mon principe. En effet, on ne peut l'appliquer à un côté de 349,20 mètres (180^{toises}) que lorsqu'il sous-tend un arc de 18° 13′, ce qui suppose un rayon de 1115,50 mètres (575^{toises}) : de là il suit que si le côté augmente, le rayon doit aussi augmenter, ce qui est bien éloigné d'avoir lieu ici, puisque le rayon est plus petit que 1115,50 mètres (575^{toises}), et l'arc sous-tendu beaucoup plus grand que 18° 13′ : il faudroit donc, pour couvrir les bastions, admettre quatre fronts, chacun de 288 mètres ($148\frac{1}{2}^{toises}$), sous-tendant un arc
Fig. 57. de vingt degrés, dont on détermineroit le tracé d'après les petits calculs suivans.

L'angle dcx du bastion $A = 123°$, son supplément $oce = 57°$, et $co = 152$ mètres (78^{toises}) ; d'où l'on déduit $oe = 162$ mètres (83^{toises}) : mais par construction $mq = 198$ mètres (102^{toises}), $mo = 104{,}33$ mètres ($53{,}78^{toises}$), $oq = 204{,}47$ mètres ($105{,}40^{toises}$) ; donc $qe = 41{,}71$ mètres ($21{,}5^{toises}$), et $cm = 47{,}56$ mètres ($24{,}52^{toises}$) : en sorte que ce tracé auroit, sur celui de 271,60 mètres (140^{toises}) de côté et de 566,48 mètres (292^{toises}) de rayon, l'avantage que les faces des bastions seroient mieux couvertes par les demi-lunes, et leur saillie cm augmentée de 8,73 mètres (27^{pieds}).

J'ai supposé l'uniformité du terrain en avant de l'arc aeb ; mais si par suite de son irrégularité il convenoit de donner
Fig. 58. aux capitales des demi-lunes les directions hk, il, Sn, uy, pour ôter à l'ennemi les couverts qu'il pourroit avoir si ces directions étoient celles de la figure précédente, et qu'en même temps on fût encore assujetti à placer sur les points a et b et sur le milieu e de l'arc, les saillans de trois bastions, alors je tracerois ainsi qu'il suit.

Je porterois l'arc $a2$ de 2 en c, et j'aurois pour le front

$a\,c$ 300,70 mètres (155 toises) : je ferois pareillement $3\,g = 3\,b$, ce qui donneroit 291 mètres (150 toises) pour le front $b\,g$: et les deux fronts intermédiaires $c\,e$, $g\,e$, conservant 271,60 mètres (140 toises), et 281,30 mètres (145 toises) sous un rayon de 830,32 mètres (428 toises), je conclurois, d'après le tableau, que les quatre fronts sont susceptibles de l'application du principe. Pour tracer les demi-lunes, je prendrois sur les lignes de défense, à compter de leur intersection o, la partie $o\,m = 104{,}33$ mètres (53,78 toises), et je ferois $m\,q = 198$ mètres (102 toises). Il résulteroit de ce tracé, 1.° que les quatre demi-lunes seroient égales; 2.° que les faces des bastions seroient inégales, ainsi que leurs parties saillantes $m\,c$, dont la plus petite auroit 38,80 mètres (20 toises), mais qu'elles seroient toutes recouvertes par les demi-lunes d'une quantité proportionnée au côté extérieur, et dont la plus petite, correspondante au plus grand côté $a\,c$, seroit d'environ 38,80 mètres (20 toises), prise sur la capitale de la demi-lune, à compter de son saillant.

J'ai supposé dans la figure 59 d'autres directions aux capitales des demi-lunes, sans être assujetti à placer un saillant de bastion au milieu e de l'arc, et il en est résulté quatre fronts inégaux, dont le premier $a\,c = 271{,}60$ mètres (140 toises), le second $c\,d = 281{,}30$ mètres (145 toises), le troisième $d\,g = 310{,}40$ mètres (160 toises), et le quatrième $= 300{,}70$ mètres (155 toises), ayant des faces de bastions inégales, mais toutes recouvertes par leurs demi-lunes. *Fig.* 59.

Le résultat de ces différens tracés est donc, qu'en appliquant mon principe j'aurois sur l'arc $a\,e\,b$ un saillant de demi-lune de plus, mais qui sera superflu à l'assiégeant, puisque l'ancien tracé, exprimé par la figure 56, lui en donne-

roit trois : d'ailleurs il n'y aura toujours qu'une seule attaque sur cette partie, dirigée vers l'un des bastions des trois dernières figures; et s'il pouvoit y en avoir deux, il me semble qu'elles auroient plutôt lieu sur les deux bastions de la figure 56, que l'ennemi peut ouvrir après la prise de la demi-lune du centre.

Ces applications suffisent pour régler la marche à suivre, quels que soient l'étendue de la courbe *a b* et son rapport avec la flèche *e f*, pourvu que le rayon du cercle ne soit pas moindre que 566,48 mètres (292 toises). Mais on ne doit pas perdre de vue qu'à mesure que le côté extérieur ou la partie saillante *c m* du bastion croîtront, l'ennemi gagnera plus de facilité à pouvoir battre en brèche le saillant de ce bastion depuis la crête de son chemin couvert, tandis qu'en maintenant ce côté à environ 271,60 mètres (140 toises), cette brèche sera toujours d'une très-difficile exécution. Je ne prétends cependant pas à l'adoption exclusive de ce côté; je demande seulement qu'on lui donne la préférence sur les parties de l'enceinte les plus susceptibles d'attaque, et que l'on réserve les plus grands fronts pour les parties dont les abords présentent plus de difficultés.

Fig. 60. Par exemple, si l'on proposoit de fortifier avec neuf fronts de 349,20 mètres (180 toises) le terrain donné sur la vingt-septième planche du premier volume de Saint-Paul, avec la condition de renfermer dans l'enceinte les deux rivières *x* et *y*; alors au lieu des neuf fronts 1, 2, 3, etc., de 349,20 mètres (180 toises), on pourroit admettre les dix fronts *a b c* etc., en donnant 349,20 mètres (180 toises) à ceux *a k i h g*, peu susceptibles d'attaque à cause du canal *z*, et seulement 271,60 mètres (140 toises) à tous les autres sur lesquels l'ennemi peut se porter. En comparant les deux tracés, on voit aisé-

ment que le front d'augmentation qu'occasionnent les côtés de 271,60 mètres (140 toises), n'augmentera pas les points d'attaque; car au moyen des deux lunettes *m* et *n*, et de la rivière *y*, les bastions *b g* et *c* du décagone, et ceux 3 et 7 de l'ennéagone, sont peu susceptibles d'attaque: ainsi il ne restera d'une part que les trois bastions *d*, *e*, *f*, et de l'autre, les trois bastions 4, 5 et 6.

Pareillement, si l'on proposoit le terrain de la vingt-cinquième planche du même ouvrage, mais sans citadelle et avec un second fort, tel que celui qui se trouve dans le bastion *D*, je ne toucherois pas aux fronts opposés à la hauteur *M*, attendu qu'ils sont presque en ligne droite; il en seroit de même des fronts qui répondent aux inondations et à l'escarpement: mais je réduirois à 271,60 mètres (140 toises) les fronts *E G*, *G H*, opposés à la hauteur *U*, et je fermerois l'enceinte par les trois fronts *A R*, *R O*, *O L*, dont le premier de 271,60 mètres (140 toises), et les deux autres de 310,40 mètres (160 toises), tracés de manière que le bastion *O* ait une capacité à peu près égale à celle du bastion opposé *D*, pour y former un second fort. Enfin, j'occuperois les hauteurs *M* et *U* par les trois lunettes *P*, *Q*, *T*, défendues par tous les moyens extérieurs et intérieurs dont ces ouvrages sont susceptibles; alors le bastion *E*, à la sortie des eaux, se trouvant vigoureusement flanqué par les deux lunettes *P* et *T*, cesseroit d'être un point principal d'attaque, et l'ennemi seroit réduit à se diriger sur les fronts opposés au plateau *z*, que l'on pourroit renforcer par des lunettes avancées et semblables à celles *P*, *Q* et *T*, si l'importance de la place exigeoit cet accroissement de force. *Pl. 14, fig. 61.*

D'après tout ce qui précède, et notamment d'après les

développemens que j'ai donnés à mon principe dans les pages 352 à 354, je crois qu'on peut le regarder comme résolvant le problème des ricochets autant que peut le comporter le tracé à bastions et demi-lunes. On pourroit diminuer le danger de ce fléau sur les flancs, en leur donnant une forme circulaire; quant aux branches des demi-lunes, il me paroît impossible de les garantir autrement que par des blindages, ce qui me conduit à terminer ce que j'ai à dire sur l'objet en question par l'observation suivante.

Dans mon tracé, et généralement dans tous ceux à grandes demi-lunes, l'ennemi ne peut approcher du bastion qu'après l'entière réduction des demi-lunes et de leurs réduits; or les feux les plus avantageux à l'assiégé pour la défense des approches, seront sans contredit ceux qui partiront des saillans des branches de ces demi-lunes, puisqu'ils prendront les plus grands revers possibles sur les travaux ennemis; donc, à l'exception des parties de ces saillans nécessaires à l'établissement des batteries fixes de canon sur chaque face, entremêlées de mousqueterie, le surplus de l'étendue des branches ne sert que comme simple couvre-face, et pourroit même être exécuté en conséquence: de là je conclus qu'en blindant ces saillans sur une étendue proportionnée à l'artillerie que les moyens de la place permettent d'y mettre en batterie, on pourroit, sans inconvénient pour la défense, abandonner le reste des branches aux ricochets ennemis, et alors on se trouveroit presque partout à l'abri de ce fléau destructeur.

RECHERCHES

Sur les moyens de perfectionner le tracé du tridécagone de 271,60 mètres (140 toises), ou de tout autre à grandes demi-lunes.

En examinant la facilité que le fossé de la demi-lune et celui de son réduit donnent à l'assiégeant pour ouvrir les faces du bastion, lorsqu'il n'y a pas de contregarde, je me suis souvent demandé pourquoi on ne fermoit pas ces trouées par quelque petit ouvrage intermédiaire entre le bastion et les batteries de l'ennemi : la simplicité de cette idée m'a empêché long-temps de lui donner suite, dans la persuasion où j'étois qu'elle ne pouvoit être exécutée, puisqu'elle n'avoit pas été encore proposée ; mais y étant toujours ramené, presque malgré moi, j'ai enfin voulu me satisfaire en l'examinant, et c'est le résultat de cet examen que je vais présenter ici, en l'appliquant au tridécagone de 271,60 mètres (140 toises), ayant le commandement et le relief fixés ci-devant. *Pl. 15. fig. 62.*

Une pièce de canon, montée sur affût de place, avec embrasure d'un pied de profondeur, et établie sur la face du bastion vis-à-vis le fossé de la demi-lune, aura son axe élevé de 13,49 mètres (41 pieds 9 pouces) au-dessus du fossé ; et le fond de son embrasure étant parallèle à la plus grande plongée du parapet, que je suppose de 0,73 mètres ($2\frac{1}{2}$ pieds), le boulet tiré sous cette inclinaison rencontrera le fossé de la demi-lune à 98,94 mètres (51 toises) de distance du pied de l'escarpe du bastion, et la balle tirée suivant cette plus grande plongée le rencontrera à environ 100 mètres (50 toises) : de là il suit que la partie du fossé comprise sous cette ligne de tir ne

reçoit aucune protection de la part du feu de la face, et que l'on peut par conséquent l'occuper par un petit ouvrage 10, masquant la trouée. Sa gorge doit naturellement être placée sur le prolongement de la contrescarpe du bastion, pour ne point gêner les feux des flancs du corps de place; et pour déterminer la position de son escarpe, j'observe,

1.° Que cet ouvrage étant destiné à être mis en brèche, il doit avoir assez d'épaisseur pour qu'après l'éboulement de tout son parapet le terre-plein puisse conserver encore environ 5 mètres (15^{pieds}) d'épaisseur au sommet;

2.° Qu'il doit y avoir un passage de 6 à 8 mètres (3 à 4^{toises}) entre son escarpe et la branche de la demi-lune, et que ce passage doit être flanqué par la courtine et la tenaille;

3.° Enfin, que cette escarpe doit avoir assez d'étendue pour que l'ennemi, placé sur un point quelconque de la crête des glacis, ne puisse découvrir aucune partie du revêtement du bastion vers l'épaule.

Ces conditions se trouvent remplies par le tracé de l'ouvrage 10, qui conserve 11,64 mètres (35$\frac{1}{2}^{\text{pieds}}$) de largeur sur le prolongement de la face de la demi-lune, et dont le passage de communication de 5,82 mètres (18^{pieds}) se trouve flanqué par les feux obliques de la courtine, et par les feux directs de la tenaille 13, brisée à cet effet.

Reste à déterminer son relief. Il est ici calculé de manière qu'avant sa mise en brèche son feu pourra agir, avec celui du bastion, sur la crête du glacis de l'arrondissement de la contrescarpe de la demi-lune, et qu'après la mise en brèche le feu du bastion agira dans le fossé de la demi-lune, comme si l'ouvrage n'existoit pas. De plus, les batteries de l'ennemi sur la crête de l'arrondissement ne pourront découvrir le revêtement

revêtement du bastion, qui se trouve masqué par la partie du terre-plein conservée.

Le même raisonnement m'a conduit à occuper l'espace compris entre l'extrémité de la branche de la demi-lune et le flanc de son réduit, par un petit ouvrage 11, tracé d'après les mêmes principes, et pareillement flanqué par la courtine et la tenaille. Il est séparé de la branche de la demi-lune par un fossé ou coupure *a*, communiquant avec le fossé du réduit, et qui peut être flanqué par des feux souterrains que ce tracé permet d'établir de droite et de gauche de l'épaule de ce réduit, comme on le verra ci-après. Son relief permettra de faire agir son feu, en même temps que celui du bastion, contre le terre-plein du saillant de la demi-lune; et attendu qu'il est facile, au moyen des mines, d'empêcher l'assiégeant d'établir des batteries sur ce terre-plein pour ouvrir l'ouvrage 11, celui-ci remplacera le bastion dans la défense du fossé du réduit.

On peut donc, par la simple addition des deux petits ouvrages 10 et 11, ôter à l'assiégeant la facilité d'ouvrir le bastion par les trouées des fossés, sans qu'il puisse en résulter aucun inconvénient pour la défense, puisque les faces du bastion peuvent agir comme si ces ouvrages n'existoient pas, qu'ils sont flanqués de toute part par la tenaille, la courtine et le flanc opposé, et que de plus ce tracé permet d'ajouter à ces premiers moyens de défense des feux souterrains, flanquant immédiatement les abords de leurs escarpes.

J'ai cherché ensuite ce que l'on pourroit faire pour présenter à l'assiégeant de grands obstacles lors de la confection de ses batteries destinées à ouvrir le saillant du bastion, lorsque le terrain est propre aux mines et qu'il reste peu

d'espace, comme dans le tracé du tridécagone, entre les petits réduits 8 et 9. Il m'a paru que ce but pouvoit être rempli par la réunion des branches des deux petits réduits, pour fermer tout passage, et par des mines destinées à bouleverser tout le terrain de la crête des glacis des places d'armes du chemin couvert, ainsi que le terre-plein des réduits; parce qu'alors le saillant du bastion ne pourroit être mis en brèche avec le canon qu'après le renversement de la contrescarpe, et d'immenses travaux à travers les entonnoirs et les réduits, pour ouvrir le passage aux boulets, travaux qui ne pourroient avoir lieu que sous les feux réunis des flancs et courtines collatérales.

L'addition de tous ces petits ouvrages, peu dispendieux eu égard à leur utilité, n'altèrent en rien les dispositions des principales parties du front ; ils me paroissent d'une application assez générale dans tous les tracés à grandes demi-lunes et à grands rentrans, et ils sont susceptibles d'être protégés par des feux souterrains capables de les conserver jusqu'à ce que l'assiégeant soit entièrement maître du réduit de la demi-lune.

J'ai réuni dans le tracé de la planche 15 tout ce qui m'a paru pouvoir contribuer à augmenter la résistance du tridécagone de 271,60 mètres (139 toises) de côté, dans l'hypothèse d'un terrain propre à l'application des mines ; et les planches 16 et 17 donnent les détails des différens feux couverts dont ce tracé seroit susceptible si l'importance de la place le demandoit, ainsi que les applications de tout ce que j'ai dit dans les mémoires précédens sur la défense par les mines.

Toutes ces dispositions sont fondées sur la certitude où je

suis qu'à l'attaque d'un pareil tracé l'ennemi seroit forcé d'avoir recours aux mines pour ouvrir l'escarpe du réduit de la demi-lune, celle de son retranchement, ainsi que l'escarpe du bastion et de son retranchement, et qu'il ne pourroit même battre en brèche avec le canon les faces de la demi-lune et des petits ouvrages 10, qu'après d'immenses travaux; mais comme il importe d'établir cette assertion d'une manière incontestable, je vais encore ajouter à tout ce que j'ai dit dans les mémoires précédens, quelques détails sur ce sujet.

1.° Au moyen des dispositions de mines préparées d'avance sous les glacis du saillant de la demi-lune, ou de celles que l'on peut exécuter dans vingt-quatre heures en débouchant des écoutes provisoires *B*, il est clair qu'il sera impossible à l'assiégeant d'ouvrir par le canon les faces de la demi-lune et celles du petit ouvrage 10, à moins d'immenses travaux; puisqu'étant forcé d'établir ses batteries au pied du glacis, il faudra, pour donner passage à ses boulets, qu'il renverse la contrescarpe par la mine, vis-à-vis des points à battre, ainsi que les quilles ou masses de terre qui se trouveront entre les grands entonnoirs, lesquels deviendront l'égout de tous les projectiles de la place, qui, par suite du tracé, peuvent être réunis sur ces points. *Pl.16, fig.63.*

J'ai lavé en jaune les derniers retours des rameaux sous les branches de la demi-lune, parce qu'ils ne doivent être exécutés que lorsque les projets de l'ennemi seront connus : c'est-à-dire que, s'il vient à bout d'établir ses batteries de brèche vis-à-vis une partie quelconque des branches, alors il ne faudra pas pousser ces derniers retours vis-à-vis ce point, mais se tenir aux écoutes à l'extrémité de la partie lavée en

noir, pour de là se porter sous son logement sur la brèche, et on exécutera tous les autres petits retours sous la branche; mais si l'assiégeant projette d'ouvrir la demi-lune par la mine, alors on débouchera des parties de rameau lavées en noir, tant sur les branches qu'au saillant, pour se porter par plusieurs chemins vis-à-vis le point que le renversement de la contrescarpe et le passage du fossé indiqueront, ce qui le jettera malgré lui dans les longueurs de la guerre souterraine.

2.° En admettant la mise en brèche du petit ouvrage 10, il est clair que tant que je serai maître de la galerie et des écoutes sous le terre-plein de cet ouvrage, ainsi que des casemates *C* et *D* qui flanquent la brèche, le mineur assiégé ne pourra parvenir à s'y loger pour renverser la partie restante du terre-plein qui couvre le bastion, et que de plus le fossé *E*, qui sépare l'ouvrage 10 du réduit 9, rend impossible le succès d'une surprise pour s'emparer de ce réduit. Je puis donc conclure que la face du bastion ne peut être mise en brèche tant que je conserverai la galerie ci-dessus et les casemates *C* et *D* : on doit encore observer qu'au moyen des créneaux pratiqués dans les murs qui séparent le fossé de la demi-lune de ceux du réduit 9 et de la coupure *a*, toute tentative pour saper ces murs ne peut réussir.

3.° J'ai fait voir dans les mémoires précédens, que les dispositions de fourneaux sous les branches de la demi-lune 5, forceront l'assiégeant à avoir recours à la mine pour ouvrir le réduit 4; mais il lui sera difficile de faire le passage du fossé et d'attacher son mineur à l'escarpe : tant que je serai maître du petit ouvrage 11, qui ne peut être mis en brèche par le canon, et qui réunit contre le fossé les feux de son

parapet à ceux des casemates *F*, et tant que je conserverai le souterrain *G*, d'où peuvent déboucher à chaque instant des sorties assez fortes pour culbuter les travaux de l'assiégeant. C'est en conséquence de la grande utilité de l'ouvrage 11 pour défendre le passage du fossé du réduit 4 et les approches de l'ouvrage 10, que j'ai fait communiquer le fossé *a* avec celui du réduit, afin de pouvoir le flanquer par les casemates *H*, établies de part et d'autre de l'épaule du réduit; d'où il suit que tant que je serai maître de ces casemates, ainsi que de la galerie adossée à l'escarpe de la coupure vis-à-vis le fossé *a*, il ne sera pas possible à l'assiégeant de pénétrer dans l'intérieur de l'ouvrage 11. J'augmente encore les difficultés qu'il éprouvera pour renverser la contrescarpe du fossé *a*, au moyen des deux petits fourneaux *x*, qui feront tomber la voûte du souterrain *G* et détruiront la galerie de passage.

4.° Je crois inutile d'analyser les moyens de résistance que présentent les galeries sous le réduit 4 en avant de son retranchement, soit pour s'opposer au mineur assiégeant attaché à l'escarpe des faces, soit pour ôter tout moyen d'ouvrir avec le canon celle du retranchement; le tracé de ces dispositions, ainsi que de celle sous le fossé du retranchement et en-deçà de celui-ci, suffit pour en apprécier les effets, de même que ceux qui doivent résulter des casemates *I* sous le parapet du retranchement pour défendre les approches de son escarpe. Je me bornerai donc à faire observer qu'après l'entière réduction du réduit 4, et, si l'on veut, même après celle du petit réduit 9, je pourrai encore me maintenir dans les souterrains du petit ouvrage 11, dont l'entrée vers la place est au niveau du grand fossé, et par conséquent conserver encore

la partie restante du terre-plein de l'ouvrage 10, au moyen
Pl. 17, fig. 64. de la galerie adossée à l'escarpe du fossé *a* où je puis me tenir en force, et de la protection que je puis recevoir de la part des feux de la courtine et des casemates *L* sous le parapet de la tenaille, ainsi que des sorties débouchant des souterrains *M* sous les flancs.

5.° Les dispositions de mines sous la crête des glacis des places d'armes du chemin couvert et sous le terre-plein des petits réduits 8 et 9, présenteront à l'assiégeant des difficultés que l'on peut regarder comme insurmontables dans l'exécution de ses batteries pour ouvrir le saillant du bastion, et je ne crois pas même qu'il puisse avoir d'autre parti à prendre que celui de se jeter encore dans les longueurs de la guerre souterraine, en attachant son mineur à l'escarpe du bastion.

6.° Enfin, les dispositions préparées dans le bastion 2 exigeront encore une espèce de nouveau siége, même après le logement sur la brèche : sur quoi il faut observer que lorsque l'ennemi attachera son mineur à l'escarpe, comme il sera forcé de le faire, alors on débouchera des extrémités de la galerie croisée sous la capitale, pour se porter par trois chemins au moins sur le point où il voudra s'attacher ; que lorsqu'il sera venu à bout d'ouvrir le bastion, on aura à lui opposer de chaque côté de la capitale trois gros fourneaux ; dont l'effet empêchera encore l'établissement de son canon pour ouvrir le retranchement ; et qu'enfin, après être venu à bout d'en renverser la contrescarpe, il se trouvera encore sous le feu des casemates *N*, qui seront les dernières ressources de l'assiégé.

Tels sont les moyens de défense que l'on peut développer

sur un front du tridécagone de 271,86 mètres (140^{toises}), appartenant à une place de moyenne grandeur; il en résulte,

1.° Qu'au moyen des mines, des petits ouvrages 10 et 11, et des retranchemens dans le réduit de la demi-lune et dans le bastion, l'assiégeant sera forcé d'employer les mines pour ouvrir le réduit de la demi-lune, l'escarpe de son retranchement et celle du bastion; ce qui doublera au moins la durée de la défense, avec un surcroît de dépense bien inférieur à cet accroissement de résistance;

2.° Que ce précieux avantage n'exige point d'augmentation de garnison, mais seulement l'addition d'un magasin à poudre, et celle d'un plus grand nombre d'abris, pour recevoir une plus grande quantité de munitions de bouche;

3.° Que l'application de la presque-totalité de ces moyens pourra avoir lieu dans tous les tracés à grandes demi-lunes et à fossés secs, lorsque le commandement du corps de place sera à peu près le même que celui que j'ai donné au tridécagone.

MÉMOIRE

MÉMOIRE

Relatif à des expériences à faire pour tenter la diminution et même la suppression totale du bourrage des mines.

Digitized by Google

MÉMOIRE

Relatif à des expériences à faire pour tenter la diminution et même la suppression totale du bourrage des mines.

Les avantages qui résulteroient de la suppression et même de la simple diminution du bourrage des mines dans les actions de guerre, seroient si grands que l'on doit tout tenter pour tâcher de les obtenir ; et on n'y parviendra qu'en multipliant les expériences, lorsqu'on les croira appuyées sur quelque raisonnement qui puisse les autoriser.

Celles qui font l'objet de ce mémoire sont fondées sur les effets connus de la poudre placée dans le fond d'un canal, et bourrée en tout ou en partie, comme dans les petards et nos armes à feu.

Lors de l'explosion, il y a toujours une action bien sensible contre les parois du canal qui enveloppe la poudre ; elle est toujours relative à la charge, et nous est démontrée par le recul de nos armes à feu, qui a lieu même avec la charge sans bourrage. Lorsque la charge est foible, eu égard à la densité des parois qui l'enveloppent, alors le fluide s'échappe aisément avec le bourrage qu'il pousse devant lui ; il ne produit, dans ce cas, que le recul dans nos armes à feu, et aucun effet sensible dans le petard : mais lorsque la charge est trop forte pour la résistance que peuvent opposer

les parois, alors le fluide déchire et brise tout ce qui l'environne.

Voilà ce que nous voyons tous les jours; mais il nous est encore bien difficile d'en rendre raison et de nous mettre d'accord à ce sujet avec nos principes de mécanique. Essayons cependant de raisonner d'après la tendance du fluide de la poudre à une prodigieuse extension; peut-être pourrons-nous être conduits à quelque résultat satisfaisant.

J'établis les principes suivans:

1.° Le fluide de la poudre librement enflammée occupe, à l'instant de son inflammation totale, un espace quatorze mille fois plus grand que celui que la poudre occupoit dans son état naturel.

2.° La durée du temps nécessaire à l'inflammation d'une quantité de poudre étant indivisible pour nos sens, nous pouvons la regarder comme instantanée, ainsi que l'effet qui en résulte.

3.° Le ressort de l'air est capable d'une prodigieuse résistance lorsqu'il est subitement choqué par un autre fluide élastique dans l'état d'ignition, et qui se trouve lui-même dans un violent état de compression.

Ces principes me conduisent aux raisonnemens suivans. Si la poudre, au lieu d'être entièrement libre, est placée au fond d'un canal quelconque, mais sans bourrage, elle éprouvera, à l'instant de son inflammation, une tension de ressort qui sera toujours supérieure au moyen d'évacuation que lui présente le canal, toutes les fois que le volume naturel de la poudre sera plus grand qu'un quatorze-millième de la capacité du canal. Elle agira donc alors sur les parois de ce canal avec une force de ressort proportionnée à cet excès

de volume, et qui sera encore beaucoup augmentée par la réaction que produira le premier contact de l'air extérieur avec la flamme; en sorte que si l'excès du volume de la poudre sur un quatorze-millième de la capacité du canal, devient considérable, alors la force de la tension du ressort deviendra infiniment supérieure au moyen d'évacuation, et l'action sur les parois sera proportionnée à cette force de tension.

Soit un puits ou canal de 4,86 mètres (15^{pieds}) de profondeur et de 0,65 mètres (2^{pieds}) en quarré d'ouverture, dont le volume est de 2,056 mètres cubes (60$^{\text{pieds cubes}}$). Si dans le fond de ce puits on place 0,12 kilogrammes (4^{onces}) de poudre, dont le volume de 0,146 mètres cubes (7,4$^{\text{pouces cubes}}$) est la quatorze-millième partie de la capacité du canal, et qu'on y donne le feu, le fluide produit par l'inflammation, trouvant dans l'intérieur du canal l'espace nécessaire à son entier développement, n'exercera d'autre action contre les parois que celle qui pourra résulter de la réaction de l'air de l'atmosphère; mais toute quantité de poudre au-dessus de 0,12 kilogr. (4^{onces}) agira contre les parois en raison de l'excès du volume auquel elle tend sur celui des 2,056 mètres cubes (60$^{\text{pieds cubes}}$) du canal.

Par exemple, si on place dans le fond du puits 24,46 kilogrammes (50^{lb}) de poudre, occupant dans l'état naturel 24 décimètres 66 centimètres cubes (0,72$^{\text{pieds cubes}}$), et tendant à occuper environ 342 mètres cubes (10000$^{\text{pieds cubes}}$), lors de l'inflammation, il est clair que le canal ne présentant à l'évacuation du fluide qu'un volume de 2,056 mètres cubes (60$^{\text{pi. cub.}}$), l'action instantanée de ce fluide contre les parois dont il est environné, sera exprimée par 339,95 mètres cubes (9940$^{\text{pieds cubes}}$), c'est-à-dire, par une tension de ressort pressé

dans un espace de 2,056 mètres cubes (60$^{\text{pieds cubes}}$), et tendant à produire une sphère d'environ 8,75 mètres (27^{pieds}) de diamètre.

Mais si la charge est de 48,92 kilogrammes (100^{lb}), elle occupera dans l'état naturel 49 décimètres, 32 centimètres cubes (1,44$^{\text{pi. cub.}}$), et tendra à occuper 684 mètres cubes (20000$^{\text{pieds cub.}}$) lors de l'inflammation; en sorte que son action instantanée contre les parois sera de 681,95 mètres cubes (19940$^{\text{pieds cubes}}$), correspondant à une sphère d'environ 11 mètres (34^{pieds}) de diamètre.

Il résulte de là que si l'on connoissoit la loi que suit la tension du ressort de deux quantités de poudre différentes placées dans le fond d'un même canal, on pourroit alors déterminer aisément les charges nécessaires pour produire des effets doubles, triples, etc. d'un effet donné: je n'ai pas cette connoissance; mais comme il est possible qu'elle soit aujourd'hui familière à bien du monde, j'aime à croire que l'idée que je présente ici, étant rectifiée et agrandie par des gens instruits, peut amener des découvertes bien utiles.

Avant que de passer aux conséquences qui résultent des raisonnemens précédens, disons un mot des effets de la poudre mise au fond d'un canal, lorsqu'on place dessus quelque obstacle ou bourrage, tels que la balle ou le boulet dans nos armes à feu, et le bourrage du canal dans les petards et les mines.

Lorsque la charge est assez foible pour que l'on puisse établir quelque rapport entre la résistance de l'obstacle et la tension du fluide enflammé, je conçois qu'alors l'action de celui-ci contre les parois du canal doit être plus considérable que s'il n'y avoit point d'obstacle; que par conséquent sa réaction sera plus forte et l'obstacle chassé avec une force

proportionnée à son rapport avec la tension du fluide : mais si la charge devient telle que l'on ne puisse plus établir le rapport ci-dessus entre sa force de tension et la résistance de l'obstacle, il me semble qu'alors les choses doivent se passer comme si celui-ci n'existoit pas, puisque nous supposons sa résistance infiniment petite par rapport à la force qui agit sur lui.

Voilà ce que me dictent les lois de la mécanique. Il y a cependant ici une observation bien importante à faire, c'est que, dans l'hypothèse que la poudre s'enflamme et agit instantanément, l'obstacle, même le plus foible, s'opposant dans cet instant à toute dilatation ou évaporation du fluide, l'action de celui-ci contre les parois doit être plus forte que s'il n'y avoit point d'obstacle, puisqu'elle s'exerce alors en totalité, tandis que, lorsqu'il n'y a point d'obstacle, une partie du fluide s'échappe par le canal avec une vîtesse toujours proportionnée au plus ou moins de résistance que lui opposent les parties qui l'environnent; mais je conçois aussi que, dans le cas où il n'y a point d'obstacle, je puis contre-balancer la perte du fluide qui s'échappera par le canal, au moyen d'une augmentation de charge qui puisse me procurer une plus grande masse de fluide.

Ajoutons à ce qui précède l'observation suivante, relative au bourrage.

Nous savons que dans les terres ordinaires il faut autant de poudre pour vaincre la ténacité des terres que pour enlever leur poids; ainsi si on charge avec 48,92 kilogrammes (100^{lb}) de poudre, un fourneau de 3,25 mètres (10^{pieds}) de ligne de moindre résistance, dont l'entonnoir, dans l'hypothèse du cône tronqué, contient 62,44 mètres cubes (1826$^{pieds\ cubes}$), il y en

aura 24,46 kilogrammes (50^{lb}) pour le poids ; ce qui revient à 0,39 kilogrammes par mètre cube (12^{onces} 6^{gros} par pied cube) : d'où il suit que si les poudres étoient placées au fond d'un puits de 3,25 mètres (10^{pieds}) de profondeur, sur 0,65 mètres (2^{pieds}) en quarré d'ouverture, contenant 1,37 mètres cubes (40$^{pieds\ cubes}$), et que les terres de ce puits fussent remblayées sans être damées, il ne faudroit que 0;53 kilogrammes (17^{onces} 3^{gros}) pour les enlever ; mais attendu que par le damage elles acquièrent quelque ténacité, qui cependant ne peut plus être la même que celle qui avoit lieu avant la fouille, puisque le damage ne peut pas leur rendre ce gluten que la nature et le temps emploient pour les lier, je pense que ce sera beaucoup que de porter à 0,62 kilogrammes (20^{onces} 2^{gros}) la quantité de poudre nécessaire pour enlever un mètre cube de terres ordinaires nouvellement damées, c'est-à-dire à 0,85 kilogrammes (28^{onces}) pour les 1,37 mètres cubes (40$^{pieds\ cubes}$) du puits.

Si donc on n'avoit égard qu'à la résistance propre du poids des terres du bourrage du puits, il sembleroit qu'on pourroit le supprimer en ajoutant à la charge un kilogramme (2^{lb}) tout au plus; mais il faut aussi tenir compte de l'affoiblissement du fluide, qui résulte de sa dilatation et de son évacuation par le canal, lorsque celui-ci n'est point un peu bourré. J'avoue que je ne suis point en état d'apprécier cet affoiblissement; et comme je crois que beaucoup d'autres sont dans le même cas que moi, j'en conclus que nous n'avons rien de mieux à faire que de brûler de la poudre pour suppléer au raisonnement.

Je crois donc pouvoir conclure de tout ce qui précède,

1.° Que, lorsqu'on place de la poudre au fond d'un canal sans

sans bourrage, une partie agit toujours contre les parois environnantes lorsque le volume naturel de la poudre excède la quatorze-millième partie de la capacité du canal ;

2.° Qu'à même charge et même profondeur du canal, plus celui-ci sera étroit, plus l'effet du fluide contre les parois sera considérable ;

3.° Que l'action du fluide instantanément enflammé croissant en raison de la charge, il doit y en avoir une capable de briser et détruire les parois du canal, lorsque leur résistance propre n'est pas supérieure à la tension de ressort de la plus grande charge que le canal puisse comporter ;

4.° Que, dans les foibles charges, le bourrage peut suppléer une plus grande quantité de poudre, mais que réciproquement une plus grande quantité de poudre peut suppléer le bourrage ;

5.° Que, par conséquent, au moyen d'une quantité de poudre proportionnée, je puis suppléer le bourrage en tout ou en partie ;

6.° Enfin, que je puis remplacer le bourrage ordinaire par quelque obstacle de peu de volume, renfermant les poudres dans la chambre, tel qu'une porte de madriers fortement arcboutée.

C'est d'après les raisonnemens et les conséquences précédentes, que je propose les expériences ci-après, qui procureroient des avantages inappréciables à la guerre si le succès les couronnoit : elles ont pour objet principal de tenter le renversement d'une contrescarpe ou d'une galerie qui lui seroit adossée, au moyen d'un puits descendu à portée de son parement intérieur, ou d'un bout de rameau terminé près de ce parement, lesquels ne seroient que peu ou point bourrés. Au

défaut de mur terrassé à démolir, ces expériences peuvent également se faire en les dirigeant contre des puits à portée des fourneaux, puisqu'il ne s'agit ici que de constater ou l'identité ou le rapport des effets, lesquels, au moyen de charges proportionnées, seront les mêmes contre les maçonneries que contre les puits.

Expériences à faire avec des puits destinés à recevoir les poudres et placés à portée d'autres puits qui doivent être détruits par l'effet de l'explosion.

On établira sur une même ligne cinq grands puits, destinés à être détruits, et espacés entre eux d'environ 9,70 mètres (5 toises) de centre en centre; ils auront 1,29 mètres (4 pieds) en quarré d'ouverture, en dedans œuvre des cadres, et 5,19 mètres (16 pieds) de profondeur.

Vis-à-vis ces grands puits et à la distance de 3,25 mètres (10 pieds) de centre en centre, on établira un second rang de petits puits destinés à recevoir les poudres et qui n'auront que 4,53 mètres (14 pieds) de profondeur. Ils seront numérotés depuis 1 jusqu'à 5: celui n.° 4 aura un mètre (3 pieds) en quarré d'ouverture en dedans œuvre des cadres; et au fond on pratiquera, vers le grand puits opposé, une chambre de 0.65 mètres (2 pieds) de largeur et profondeur, et 0,81 mètres (2 pieds 6 pouces) de hauteur, dont le centre doit se trouver sur l'alignement de ceux des autres petits puits.

Si ces expériences n'avoient pas pour objet les actions de guerre, je proposerois, conformément à la deuxième conséquence ci-dessus, de réduire l'ouverture des puits n.os 1, 2, 3 et 5, à 0,54 mètres (20 pouces) en quarré, et de les fouiller à

la manière du capitaine de mineurs Boule, c'est-à-dire, depuis le dessus et sans y faire descendre le mineur, au moyen de forts louchets et escoupes, ayant des manches de grosseur et longueur proportionnées à la profondeur des puits; mais ce genre de travail ne pouvant être admis à la guerre, et exigeant d'ailleurs des terrains propres, il faut ici augmenter l'ouverture, en la réduisant cependant à ce qui peut être nécessaire pour que le mineur puisse y descendre et y fouiller en se tenant debout, et ayant son louchet devant lui. Il faut aussi qu'il puisse charger avec l'escoupe un panier d'environ 0,27 mètres (10^{pouces}) de diamètre supérieur placé devant lui dans un des angles. Ces deux conditions seront remplies en donnant à l'ouverture du puits 0,65 mètres (24^{pouces}) sur 0,76 mètres (28^{pouces}), et faisant le grand côté en face du puits à détruire, parce qu'alors le mineur, adossé au petit côté, aura devant lui l'espace nécessaire pour faire agir un louchet ordinaire et charger les terres dans le panier avec l'escoupe.

PREMIÈRE EXPÉRIENCE.

On chargera le puits n.° 1 pour les 2,60 mètres (8^{pieds}) de ligne de moindre résistance compris entre le centre des poudres et le bord du grand puits; mais dans l'estimation de la charge on fera attention qu'elle doit être augmentée d'une certaine quantité que j'apprécie à un sixième de la charge ordinaire, attendu qu'ici le bourrage ne peut être arc-bouté à son extrémité, comme il le seroit dans un rameau.

Le couvercle du coffre destiné à recevoir les poudres aura, à quelques pouces près, les mêmes dimensions que l'ouverture dans œuvre des cadres du puits, afin de laisser vide tout l'espace du dessous, non occupé par le coffre, dont la

base n'excédera pas 0,33 mètres (1^pied) en dedans œuvre, afin d'augmenter d'autant le vide mentionné ci-dessus.

Le puits sera bourré en plein avec des sacs à terre remplis, et pour augmenter un peu la résistance du bourrage, on l'arc-boutera sous chaque cadre.

DEUXIÈME EXPÉRIENCE.

La charge du puits n.° 2 sera d'un quart plus forte que celle du n.° 1, et le bourrage sera réduit aux deux tiers de la hauteur totale au-dessus du coffre, lequel aura même couvercle et même base que le premier, et une augmentation de hauteur proportionnée à celle de la charge; le bourrage sera pareillement arc-bouté sous les cadres, et fait avec des sacs à terre.

TROISIÈME EXPÉRIENCE.

La charge du puits n.° 3 sera de moitié en sus de celle du n.° 1, et le coffre ne différera des précédens que par une plus grande hauteur; le bourrage sera réduit au tiers de la hauteur totale au-dessus du coffre, et arc-bouté ainsi qu'il est dit ci-dessus.

QUATRIÈME EXPÉRIENCE.

La charge à placer dans le fond de la chambre sera double de la première, et contenue dans un coffre cubique; l'entrée de la chambre sera fermée par une porte en madriers de chêne, de 0,06 mètres (2^pouces) d'épaisseur et d'un mètre (3^pieds) en quarré, fortement arc-boutée par cinq pièces contre la paroi opposée, et le feu sera donné sans bourrage.

CINQUIÈME EXPÉRIENCE.

On étendra au fond du puits n.° 5 quelques sacs à terre vides, sur lesquels on descendra une charge triple de celle du n.° 1, contenue dans des sacs de toile serrée, à raison de 10 à 12 kilogrammes (20 à 25^{lb}) l'un; dans le sac qui sera placé vers le milieu du puits, on logera un des bouts du saucisson, dont l'autre bout sera fixé au-dessus du puits, et sans autre préparatif on donnera le feu.

Si la charge portée au triple de la première ne renverse pas le grand puits qui lui est opposé, on répétera l'expérience avec une charge quadruple, ou plutôt avec une nouvelle charge, que l'on appréciera d'après l'effet qu'aura produit la charge triple.

Dans l'exécution des deux dernières expériences, on donnera quelques gratifications aux mineurs, pour les engager à presser leur travail autant qu'il sera possible, et on tiendra note du temps qu'ils emploieront depuis l'ouverture des puits jusqu'à l'instant de donner le feu.

On doit observer que dans les quatre premières expériences on laisse vide l'espace compris entre les coffres et les parois du puits ou de la chambre, et que, pour conserver le même rapport entre l'espace vide et le volume du coffre dans les trois premiers numéros, on a fait porter l'accroissement de volume des coffres sur la hauteur sans changer la base; en cela on s'est conformé aux expériences faites à Mayence, au commencement de l'an 7, lesquelles ont prouvé que le vide laissé autour des poudres augmente l'action du fluide par la réunion de celui que fournit l'air renfermé dans ce vide.

Expériences avec des rameaux ordinaires dirigés vers les grands puits à détruire.

Ces expériences ne différeront des précédentes qu'en ce que l'on arrivera aux poudres placées à 3,25 mètres (10^{pieds}) du centre des grands puits, par des rameaux : sur quoi il faut observer que si les expériences précédentes des numéros 1, 2 et 3 réussissent, il sera inutile de les répéter avec des rameaux, attendu qu'il est hors de doute que l'effet seroit ici beaucoup plus considérable, vu la facilité que l'on auroit à arc-bouter fortement l'extrémité du bourrage; et il suffiroit par conséquent de répéter les deux derniers numéros avec des rameaux de même étendue et aboutissant à un même puits, de manière à pouvoir les faire jouer ensemble. On reconnoîtra jusqu'à quel point les poudres auront agi sur les rameaux et le puits, pour relater le tout dans le procès-verbal.

PROCÈS-VERBAL

Des expériences faites à Metz pendant les mois de Messidor et Thermidor an 9, sur le bourrage des mines.

Le Ministre de la guerre ayant ordonné, par sa lettre du 5 Prairial, que l'on fît à Metz des expériences pour tenter la diminution et même la suppression du bourrage des mines, par une augmentation progressive dans les charges, il y a été

procédé dans l'ordre suivant, sous la direction du chef de bataillon du génie Mouzé, nommé à cet effet par le Ministre.

Expériences faites avec de petits puits contenant les poudres, et placés à portée de puits plus grands, destinés à être renversés.

L'intérieur du bastion à droite de la porte de secours du fort Belle-Croix offrant beaucoup d'espace et un grand massif de terre, les mineurs y ont établi, sur une même ligne parallèle à la crête du parapet de la face gauche, et à 11,64 mètres (6 toises) de distance de ladite crête, six grands puits, dont les centres étoient éloignés entre eux de 9,70 mètres (5 toises): à 3,25 mètres (10 pieds) en arrière de cette première ligne, ils ont pareillement établi six petits puits placés vis-à-vis les grands et numérotés, suivant l'ordre de leur exécution, depuis 1 jusqu'à 6. Les grands puits destinés à être détruits avoient 1,30 mètres (4 pieds) d'ouverture en quarré, en dedans œuvre des cadres faits en bois de sapin de 0,09 mètres (3 pouces) d'équarrissage, et 5,20 mètres (16 pieds) de profondeur; les côtés étoient garnis d'un cours de planches. *Pl. 18, fig. 65.*

Les petits puits numérotés 1, 2, 3, 5 et 6, destinés à recevoir les poudres, avoient 0,65 mètres (2 pieds), sur 0,76 mètres (2 pieds 4 pouces) d'ouverture en dedans œuvre des cadres, qui étoient de même bois et grosseur que ceux des grands puits, et 4,55 mètres (14 pieds) de profondeur; le grand côté étoit en face des puits à détruire, et il y avoit un cours de planches pour le coffrage de chaque côté.

Le puits n.° 4, de même profondeur que les précédens, avoit 0,97 mètres (3 pieds) d'ouverture en quarré, en dedans

œuvre des cadres, et son centre étoit placé à 0,89 mètres (2^{pieds}9$^{\text{pouc.}}$) en arrière de la ligne passant par les centres des cinq autres petits puits; au fond de ce puits on avoit établi, vers le grand puits opposé, une chambre de 0,65 mètres (2^{pieds}) de largeur et profondeur, sur 0,81 mètres (2^{pieds} 6^{pouces}) de hauteur, dont le centre étoit par conséquent sur l'alignement de ceux des autres petits puits.

Le terrain sous les numéros 1, 5 et 4, s'est trouvé composé d'une argile ferme et très-compacte, qui a paru exiger 0,99 kilogrammes par mètre cube (15^{lb} $^{\text{par toise cube}}$) pour produire un entonnoir double de la ligne de moindre résistance; mais il étoit mélangé et bien moins compacte sous les trois autres numéros. Les poudres remises par l'artillerie étoient de très-bonne qualité et pesoient 0,91 kilogrammes le décimètre cube (64^{lb} $^{\text{le pied cube}}$).

Première expérience,

faite le 28 *Messidor.*

Le petit puits N.°I, destiné à servir de fourneau d'épreuve et de comparaison, a été chargé en raison de 2,60 mètres (8^{pieds}) de ligne de moindre résistance, compris entre le centre des poudres et le bord du grand puits opposé. Cette charge qui, d'après celle fixée ci-dessus par mètre ou toise cube, n'auroit dû être que de 31,86 kilogrammes (65^{lb}), dans des rameaux ordinaires où l'on peut arc-bouter fortement l'extrémité du bourrage, a été augmentée ici d'environ un sixième et portée à 37,25 kilogrammes (76^{lb}), pour suppléer à la moindre résistance de son bourrage, qui ne pouvoit être arc-bouté à l'extrémité; et pour maintenir exactement à 2,60 mètres (8^{pieds}) la ligne de moindre résistance, on avoit enlevé les planches de coffrage

frage du côté du grand puits opposé aux poudres, de manière qu'il n'y restoit que les cadres, afin de ne pas être dans le cas de tenir compte, dans l'appréciation de la charge, de l'augmentation d'obstacle que ce coffrage auroit pu occasioner, et qui auroit été équivalent à une augmentation quelconque dans la ligne de moindre résistance.

Le coffre qui contenoit cette charge avoit en dedans œuvre *Fig.* 66. 0,45 mètres (17^{pouces}) de hauteur, sur 0,27 mètres (10^{pouces}) et 0,32 mètres (12^{pouces}) de base; mais son couvercle avoit 0,64 (24^{pouces}) sur 0,54 mètres (20^{pouces}); il étoit solidement cloué au coffre et avoit dans son milieu une ouverture de 0,06 mètres (2^{pouces}) en quarré pour le passage du saucisson. Il y avoit de plus à chaque bord des petits côtés de ce couvercle, en dehors du coffre, un trou de 0,05 mètres (18^{lignes}) de diamètre, donnant passage à deux petites cordes qui embrassoient le dessous des petits côtés du couvercle d'un trou à l'autre, après avoir traversé un anneau de fer cloué vers le milieu de la hauteur du coffre; et ces petites cordes, ayant au-dessus de chaque trou du couvercle une longueur relative à la profondeur du puits, servoient à descendre le coffre chargé, quarrément et sans secousse.

Sur le pourtour du fond du puits on avoit placé des bancs *Fig.* 67. de 0,24 mètres (8^{pouces}) de largeur, ayant même hauteur que le dessous du couvercle du coffre et destinés à appuyer la partie saillante de ce couvercle et à fermer entièrement les vides entre lui et le coffrage du puits, de manière que le volume du vide de la chambre étoit à celui du coffre à peu près dans le rapport de trois et demi à un.

Pour faciliter au mineur le moyen de descendre dans le puits après la pose du coffre, on avoit coudé l'auget en

équerre ; sa grande branche appuyoit contre un des petits côtés du puits ; la petite branche, clouée sur le couvercle du coffre, étoit percée vis-à-vis le trou pratiqué dans ce couvercle, et le dessus n'étoit pas cloué, de manière que le mineur, placé sur le couvercle du coffre, avoit toute facilité pour noyer le bout du saucisson dans les poudres et poser ensuite le dessus de la petite branche de l'auget.

Le coffre et l'auget ayant été placés, on a procédé au bourrage, en y employant des sacs à terre remplis et passés de main en main au mineur dans le fond du puits, qui les posoit pleins, ou les vidoit en tout ou en partie pour remplir les intervalles, et les fouloit avec les pieds seulement ; pour accroître un peu la résistance du bourrage, il étoit arc-bouté, sous chacun des cadres placés au tiers et aux deux tiers de la distance comprise entre le cadre à oreilles et le dessus du coffre, par des planches posées jointivement sur les sacs à terre, et sur lesquelles étoient placées, en sens contraire, trois poutrelles de sapin de 0,09 mètres (3^{pouces}) d'équarrissage, serrées sous les côtés des cadres : le puits a été rempli en plein, et le bourrage simplement foulé aux pieds dans quarante-cinq minutes. Le feu a été mis avec la boîte.

Effet.

Le côté du grand puits opposé aux poudres a été renversé sur environ 3,25 mètres (10^{pieds}) de hauteur, à compter du fond, et le vide de ce puits presque entièrement comblé par les terres que le fluide y a chassées de bas en haut ; mais la charge, qui n'étoit que pour 2,60 mètres (8^{pieds}), n'ayant pu enlever toute la masse de 4,55 mètres (14^{pieds}) de hauteur comprise entre les deux puits, la partie supérieure de cette

masse a été seulement crevassée en tous sens, sur une étendue d'environ 3,57 mètres (11 pieds) de rayon, et le fluide (trouvant moins de résistance du côté du bourrage du petit puits, qui n'avoit pas été damé, que du côté de la masse des terres, qu'il avoit refoulées dans le grand puits) s'est échappé avec le bourrage, qui a été chassé très-violemment et porté à plus de 17 mètres (50 pieds) de hauteur.

Il est à remarquer que la partie supérieure de la masse des terres comprise entre les deux puits, quoique vidée en dessous sur environ 3 mètres (9 pieds) de hauteur, et quoique crevassée partout, n'a point été affaissée et s'est maintenue en forme de calotte sphérique, par suite de sa très-grande ténacité; et il résulte évidemment de ces effets, que la plus grande partie de cette masse eût été détachée et affaissée si le bourrage du puits avoit été damé.

Deuxième expérience

Faite le 5 *Thermidor sur les puits* n.os 2, 3, 4 *et* 5.

Puits n.° 2.

La charge de ce puits étoit d'un quart plus forte que celle du n.° 1.er, et par conséquent de 46,56 kilogrammes (95 lb); le coffre qui la contenoit ne différoit du premier que par la hauteur, qui étoit de 0,57 mètres (21 pouces 5 lignes) dans œuvre. Ici le bourrage a été réduit aux deux tiers de la hauteur et terminé sous le premier cadre à compter de la surface du terrain; il a pareillement été fait avec des sacs à terre à demi remplis et passés de main en main, mais damés avec soin; enfin, on a pris les mêmes précautions qu'au n.° 1.er pour renforcer le bourrage, en l'arc-boutant sous les cadres, ainsi

que pour la pose des auges et des bancs; le rapport entre le volume du vide de la chambre et celui du coffre étoit le même qu'au n.° 1.er: le bourrage a été terminé dans soixante-douze minutes, et le feu a été mis avec la boîte, en même temps qu'au numéro suivant.

Effet.

Le bourrage des deux tiers de la hauteur ayant été bien damé, et le terrain s'étant trouvé ici beaucoup moins compacte que celui du n.° 1.er, il en est résulté un effet proportionnellement beaucoup plus grand que celui de ce premier numéro : les deux puits ont été entièrement détruits, et la masse des terres comprise entre eux totalement détachée et même enlevée; ce qui a produit un entonnoir oblong d'environ six pieds de profondeur, qui ne laissoit aucune trace des puits.

Puits n.° 3.

La charge de ce puits étoit de moitié plus forte que celle du n.° 1.er, et par conséquent de 55,88 kilogrammes (114^{lb}), contenus dans un coffre qui ne différoit des précédens que par la hauteur qui étoit de 0,68 mètres (25^{pouces} 8^{lignes}) dans œuvre; ici le bourrage, damé avec soin, a été réduit au tiers de la hauteur et terminé sous le second cadre, à compter de la surface du terrain. Les autres dispositions préparatoires ont été les mêmes que dans les numéros précédens. Les volumes du vide de la chambre et du coffre conservoient le rapport de trois et demi à un; le bourrage a été fait dans trente-cinq minutes.

Effet.

Le terrain s'étant trouvé ici de même nature que celui du n.° 2, l'effet a été aussi parfaitement semblable, c'est-à-dire,

même destruction des deux puits et même résultat d'entonnoir.

Puits n.° 4.

La charge de ce puits étoit double de celle du n.° 1.er, et par conséquent de 74,50 kilogrammes (152^lb^); elle étoit contenue dans un coffre cubique de 0,43 mètres (16^pouces^) forts de côté, placé dans le fond de la chambre, dont l'entrée étoit fermée par une porte d'un mètre (3^pieds^) en quarré, faite en madriers de chêne de 0,06 mètres (2^pouces^) d'épaisseur. Dans le bas et au milieu de la largeur de cette porte, il y avoit une entaille de 0,12 mètres (4^pouces^) en quarré, pour le passage d'un bout d'auget qui conduisoit le saucisson dans le coffre et se terminoit vers le milieu de la base du puits. Ladite porte étoit arc-boutée par cinq poutrelles en chêne de 0,12 mètres (4^pouces^) d'équarrissage, lesquelles appuyoient par leur autre extrémité sur des planches dressées contre la paroi opposée du puits; le saucisson remontoit sans auget le long d'un côté du puits. Il a fallu trente-cinq minutes pour remplir le coffre et fermer la chambre avec la porte et les étrésillons; il n'y avoit point de bourrage, et la même boîte y a donné le feu en même temps qu'au numéro suivant.

Effet.

L'effet n'a pas été proportionnellement aussi considérable que celui des numéros 2 et 3, mais parfaitement semblable à celui du n.° 1.er, détaillé ci-devant et dont le terrain étoit de même nature que celui-ci, c'est-à-dire, plus compacte et moins mélangé.

Puits n.° 5.

Le terrain étoit ici de même nature que celui du n.° 1.er; on n'a employé ni coffre ni bourrage, ni étrésillons quel-

conques ; la charge, d'un kilogramme (2^{lb}) plus forte que le triple de celle du n.° 1.er, étoit de 112,74 kilogrammes (230^{lb}), contenus dans dix sacs à raison de 11,27 kilogrammes (23^{lb}) l'un.

Pour multiplier les points de contact et procurer une prompte inflammation, on a procédé à la charge ainsi qu'il suit.

Le mineur a fait au fond du puits un lit de sacs à terre vides, sur lesquels il a posé cinq sacs de poudre, l'un au milieu et les quatre autres autour ; après avoir fait de fortes saignées dans ces sacs, il en a placé un sixième debout dans le milieu et les quatre autres autour de lui ; enfin, ces quatre derniers ayant été saignés comme le premier, il a noyé le bout du saucisson dans le sixième sac qui étoit debout et entier, et pendant que ce mineur remontoit le puits, on a fixé l'autre bout du saucisson à un cadre du puits, de manière que dans six minutes la charge a été placée et le feu prêt à être donné.

Effet.

Le grand puits a été entièrement renversé, et une partie de la masse des terres comprise entre les deux puits, ainsi que les bois des coffrages, chassés avec une extrême violence à plus de 50 mètres (150^{pieds}) de hauteur ; le résultat a été une espèce d'entonnoir oblong, vers le milieu duquel il restoit encore une petite partie de la masse des terres, qui n'étoit qu'affaissée : on voit que cet effet a été sensiblement plus considérable que celui du n.° 1.er, et qu'il diffère peu de ceux des numéros 2 et 3. La violence de l'explosion et la presque-identité d'effet avec les numéros 2 et 3 ayant permis de

croire que la charge étoit trop forte pour l'objet qu'elle avoit à remplir, on s'est décidé à répéter l'expérience avec des charges plus foibles, quoique dans un terrain plus compacte, en y employant d'abord le puits n.° 6 qui étoit en réserve, et ensuite des fourneaux aboutissant à des rameaux ordinaires et placés pareillement à même distance des grands puits à détruire.

TROISIÈME EXPÉRIENCE,

faite le 8 *Thermidor sur le puits N.°* 6.

Le terrain sur lequel cette expérience a été faite, étoit de même nature que celui des puits numéros 2 et 3 : la charge a été réduite à deux fois et un tiers celle du N.° 1.er, au lieu du triple; ainsi elle étoit de 86,27 kilogrammes (176^{lb}) de poudre, contenus dans huit sacs, à raison de 10,78 kilogrammes (22^{lb}) l'un. Ces sacs ont été placés dans le puits avec les mêmes précautions et la même promptitude que ceux du N.° 5; le feu a été mis avec la boîte.

Effet.

L'effet a été à peu près semblable à celui du N.° 5, et l'on peut même dire plus considérable, puisque la petite portion de la masse des terres conservée entre les puits, avoit ici moins de volume, étoit plus affaissée et prête à tomber; cependant la charge étoit de 26,52 kilogrammes (54^{lb}) plus foible que celle du N.° 5 : ce qui prouve évidemment que la densité ou la ténacité du terrain va en diminuant bien sensiblement du saillant du bastion à son épaule gauche.

Application des expériences faites sur les petits puits numéros 5 et 6, à des rameaux ordinaires terminés par des fourneaux à portée des grands puits à détruire.

Fig. 68. Après les expériences exécutées le 5 thermidor, les mineurs ont établi, sur une ligne parallèle à la crête du parapet du flanc gauche du bastion, et à la distance de 11,64 mètres (6 toises) de cette crête, deux grands puits destinés a être détruits, espacés entre eux de 6,79 mètres (21 pieds) de centre en centre, et ayant, comme ceux des expériences précédentes, 1,30 mètres (4 pieds) d'ouverture en dedans œuvre, et 5,20 mètres (16 pieds) de profondeur.

Vis-à-vis le milieu de la ligne comprise entre ces deux puits et à la distance de 11,64 mètres (6 toises), ils ont établi un troisième puits de même grandeur que les précédens, d'où ils ont débouché pour diriger un fourneau vers chacun des deux premiers puits, et le placer à 3,25 mètres (10 pieds) de son centre, dans un plan de 0,65 mètres (2 pieds) plus bas que le fond de ce puits; de manière que ces fourneaux avoient 2,59 mètres (8 pieds) de ligne de moindre résistance par rapport au côté du grand puits qui leur étoit opposé, et 4,55 mètres (14 pieds) réduits par rapport à la surface du terrain, qui pendoit d'un pied depuis le n.° 7 au n.° 8.

Expérience faite le 21 Thermidor sur les fourneaux numéros 7 et 8.

On s'est proposé ici de répéter, dans des rameaux ordinaires terminés par des fourneaux, les expériences des petits puits numéros 5 et 6, c'est-à-dire, les charges sans coffre ni bourrage

bourrage, ni étrésillons quelconques, et de chercher le minimum de la charge nécessaire pour renverser le côté du grand puits opposé aux poudres. En conséquence on a chargé le fourneau 7 comme le puits n.° 6, c'est-à-dire, avec 86,27 kilogrammes (176^{lb}), qui répondent à deux fois et un tiers la charge du puits n.° 1.er; et dans le fourneau 8 on n'a mis que 80,39 kilogrammes (164^{lb}), correspondant à deux fois et un sixième la charge du n.° 1er. Cette dernière charge étoit contenue dans huit sacs, à raison de 10,05 kilogrammes ($20\frac{1}{2}^{lb}$) l'un.

On a pris ici les mêmes précautions qu'aux numéros 5 et 6 pour multiplier les points de contact de la poudre et lui procurer une prompte inflammation. Les saucissons des deux rameaux se réunissoient dans la demi-galerie d'entrée à un troisième qui remontoit le long du puits : on a employé vingt-quatre minutes à charger les chambres et placer les saucissons des deux fourneaux, et le feu a été mis avec la boîte. Il est essentiel d'observer que le terrain sous le flanc du bastion étoit de même nature que celui sous les numéros 2 et 6.

Effet.

Les deux puits opposés aux poudres ont été entièrement détruits, recomblés et remplacés par deux entonnoirs qui n'en laissoient plus apercevoir les traces; le fourneau n.° 8, dont la charge étoit de 6 kilogrammes (12^{lb}) plus foible que celle du n.° 7, mais dont la ligne de moindre résistance n'avoit au plus que 4,22 mètres (13^{pieds}), par rapport à la surface du terrain, attendu la pente de ce terrain depuis le n.° 7 au n.° 8, a produit un entonnoir plus considérable que l'autre, et vidé de 1,14 mètres (3 à 4^{pieds}) de profondeur. Les

rameaux et le puits d'entrée ont été pareillement détruits par l'action du fluide, qui a dû nécessairement réagir contre eux, n'ayant pu s'échapper qu'en très-petite partie avec les terres refoulées dans les deux grands puits à détruire, et son action sur les rameaux s'est fait sentir jusqu'à la surface du terrain, où leurs directions étoient tracées et en partie affaissées ou crevassées.

On voit par ce qui précède que les effets de ces deux derniers fourneaux sont encore plus considérables que ceux des petits puits numéros 2, 3 et 6.

RÉSUMÉ.

Les expériences dont on vient de rendre compte, prouvent évidemment que l'on peut diminuer à volonté et même supprimer entièrement le bourrage des mines par une addition progressive dans les charges.

Le terrain qui a servi à ces expériences, ne s'étant pas trouvé homogène dans toute son étendue, il en résulte que, pour déterminer quel doit être le rapport entre la diminution du bourrage et l'accroissement de la charge, on ne peut comparer tous les effets au premier fourneau, mais que la comparaison doit se faire entre ceux qui ont joué dans les parties homogènes du terrain, savoir, les numéros 1, 4 et 5 d'une part, et les numéros 2, 3, 6, 7 et 8 de l'autre, lesquels ont rencontré un terrain moins solide que les trois premiers.

Comparaison des numéros 1, 4 et 5.

Le n.° 4, chargé au double du n.° 1.er, mais sans bourrage et avec une simple porte étrésillonnée, n'ayant produit, mal-

gré l'accroissement de la charge, qu'un effet semblable en tout à celui du n.° 1.er, qui n'étoit pas complet, attendu que son bourrage n'avoit été que foulé aux pieds, il en résulte que cette charge étoit un peu foible pour l'ouverture de son puits, qui avoit 1,24 mètres (3pieds 10pouces) en quarré dans le fond, et présentoit par conséquent au fluide, après la destruction de la porte et des étrésillons, un moyen d'évacuation plus que double de celui du puits n.° 1er. De là il suit qu'en conservant à l'ouverture du puits les dimensions qu'il avoit ici, la charge doit être un peu plus forte que le double de celle du n.° 1.er, et portée à deux fois un sixième; mais aussi il paroît démontré par les effets des autres puits, que si l'on eût réduit l'ouverture du puits aux mêmes dimensions que les autres, sans rien changer au surplus des dispositions, alors la charge double eût été plus que suffisante pour produire un effet semblable à tout celui que l'on pourroit attendre du n.° 1er.

L'effet du n.° 5, sans aucun bourrage ni porte ni étrésillons, mais chargé au triple du n.° 1.er, ayant été plus considérable que celui qu'auroit pu produire le n.° 1.er, en admettant le damage de son bourrage, il en résulte que la charge triple conviendra lorsqu'on voudra embrasser une étendue plus grande que le double de la ligne de moindre résistance; mais que, dans le cas où l'on ne voudra embrasser que le double de cette ligne, alors la charge pourra être diminuée, et l'on verra ci-après qu'il sera possible de la réduire à environ deux fois un tiers celle du n.° 1er.

Comparaison des numéros 2, 3, 6, 7 et 8.

Les grands effets qu'ont produits les numéros 2 et 3 prouvent qu'ils étoient trop chargés pour le terrain dans lequel ils ont agi, et qu'au lieu de 0,99 kilogrammes par mètre cube (15^{lb} par toise cube), on auroit pu n'y employer que 0,79 kilogrammes (12^{lb}) : mais il n'est pas moins prouvé, par la parfaite ressemblance entre les deux effets, que, si l'augmentation d'un quart dans la charge équivaut à la diminution d'un tiers du bourrage, on obtiendra le même effet en augmentant la charge de moitié et diminuant le bourrage de deux tiers.

Le n.° 6, chargé à raison de deux fois un tiers la charge du n.° 1.er, ayant produit un effet plus grand que celui du n.° 5 chargé au triple, et presque semblable à ceux des numéros 2 et 3, il en résulte encore, ainsi qu'on l'a déjà pressenti ci-devant, que si l'augmentation de moitié dans la charge équivaut à la diminution des deux tiers du bourrage, on obtiendra un effet à très-peu près semblable en augmentant la charge de deux fois un tiers et supprimant tout bourrage.

Le fourneau n.° 7, chargé comme le petit puits n.° 6, ayant produit un effet plus considérable encore que les petits puits numéros 2 et 3, il paroît en résulter que la charge sans aucun bourrage, mais portée à deux fois un tiers celle nécessaire au bourrage plein, est encore trop forte pour l'objet qu'elle peut avoir à remplir, lorsque l'on emploie les rameaux pour arriver aux poudres.

L'effet du fourneau n.° 8, chargé à raison de deux fois un sixième la charge du fourneau d'épreuve, ne différant de

celui du n.° 7 que par un plus grand et plus profond entonnoir extérieur, résultant d'une ligne de moindre résistance plus foible, on doit en conclure qu'en employant des rameaux, la charge sans bourrage peut encore être moindre que deux fois un sixième celle du fourneau d'épreuve, et que l'on obtiendroit encore ici l'effet demandé avec une charge double.

OBSERVATIONS.

On doit observer, 1.° que dans toutes les expériences détaillées ci-dessus, les grands puits à détruire ont été recomblés plus ou moins par les terres que l'action des poudres y a refoulées de bas en haut, en sorte que le fluide, n'ayant pu s'échapper de ce côté, a dû nécessairement réagir contre les petits puits ou contre les rameaux avec beaucoup plus de violence que s'il eût pu s'échapper avec les terres qu'il poussoit devant lui dans les grands puits;

2.° Que, quoique le résumé ci-dessus donne les rapports assez exacts entre l'augmentation de la charge et la diminution du bourrage, cet objet demanderoit encore à être de nouveau soumis à l'expérience contre des murs terrassés, dont les terrains seroient plus homogènes que celui sur lequel on vient d'opérer; et pour s'assurer, autant qu'il est possible, de cette homogénéité, il faudroit établir un petit puits d'épreuve ou de comparaison, c'est-à-dire, bourré en plein, à côté de chaque autre petit puits destiné à recevoir une augmentation de charge et une diminution de bourrage, et agir de même dans l'emploi des rameaux au lieu des petits puits. Les résultats que fourniroient ces nouvelles expériences, étant comparés à ceux dont on vient de rendre compte, serviroient à régler définitivement et avec la plus grande préci-

sion les rapports entre les charges et les diminutions du bourrage.

Ces deux observations font donc désirer que les expériences détaillées ci-dessus puissent être un jour répétées contre des murs terrassés, ou parties de contrescarpes, ou gorges d'ouvrage.

De tout quoi nous officiers du génie, présens auxdites expériences, avons dressé le présent procès-verbal.

A Metz, le 23 thermidor, an 9 de la République françoise.

Signés : Bizot Charmoy, *commandant en second de l'école du Génie ;* Mouzé ; Bizot Coudray, *directeur des fortifications* par interim ; Schladenhoff ; Emy, *commandant en troisième l'école du Génie ; le capitaine* Gumpertz ; *le lieutenant* Le Brun ; Leonard, *capitaine ;* Munier, Husson ; *le capitaine du génie* Prost ; Charbonnel.

SECOND MÉMOIRE

SUR

LE BOURRAGE DES MINES.

Digitized by Google

SECOND

Digitized by Google

SECOND MÉMOIRE

Sur le bourrage des mines.

Les expériences faites à Metz, en l'an 9, nous ont prouvé que l'on peut diminuer et même remplacer le bourrage par une addition progressive dans la charge; mais elles ne nous ont pas fait connoître les principes qui doivent guider l'officier du génie lorsqu'il se propose d'établir son fourneau de mine au fond d'un puits. Cette manière de brûler la poudre dans les terres n'a encore été employée jusqu'ici par les anciens mineurs que pour opérer des démolitions de murs terrassés; mais comme on peut s'en servir très-avantageusement pour des objets d'une bien plus grande importance, c'est-à-dire, dans tous les cas où l'assiégeant peut avoir besoin de fourneaux surchargés, il en résulte la nécessité d'assujettir ce mode de fourneaux à des principes fondés sur l'expérience et qui puissent guider le mineur. Il est bien essentiel d'observer en même temps qu'à mesure que cette partie se perfectionnera, elle tournera au profit de l'attaque, qui par conséquent prendroit dans peu une supériorité bien prononcée, si l'assiégé ne s'occupoit pas de son côté des moyens de contre-balancer ces progrès.

Voilà donc deux objets nouveaux et bien importans à soumettre à l'examen, et c'est ce que je me propose de faire dans le cours de ce mémoire, que je diviserai en deux parties. Dans la première je chercherai à établir les principes qui doivent guider l'officier assiégeant dans l'emploi des poudres

au fond d'un puits : et la seconde aura pour objet, 1.° d'apprécier les effets des fourneaux surchargés dans le fond des puits sur les galeries environnantes ; 2.° la recherche des moyens que l'assiégé peut opposer aux effets de ces fourneaux surchargés. Mon but ne pourra être rempli que lorsque l'expérience aura prononcé, parce que je suis bien convaincu qu'ici les plus beaux raisonnemens possibles doivent se taire devant elle, et que, réunis ensemble, il ne valent pas le plus petit de ses résultats; de là il suit que j'aurai à demander différentes expériences qui exigeront quelques sacrifices pécuniaires, mais sans lesquelles il ne faut pas s'attendre à faire aucun progrès dans l'art des mines.

PREMIÈRE PARTIE.

Recherche des principes propres aux fourneaux de mines établis dans le fond des puits.

Pour que l'attaque puisse tirer de ce nouveau mode de fourneaux tous les avantages qu'elle a droit d'en attendre, il faut qu'elle connoisse les bases ou principes qui doivent en régler les charges en raison de l'objet à remplir ; et pour atteindre ce but, je ne vois rien de mieux que de ramener ces principes à ceux qui servent pour les fourneaux placés dans le fond des rameaux ordinaires : or, dans ceux-ci, les effets qui doivent résulter des différentes charges sous une même ligne de moindre résistance, sont appréciés d'après l'effet connu d'une charge propre à produire un entonnoir d'un diamètre double de la ligne de moindre résistance, lequel sert de terme de comparaison pour tous les autres effets.

Il ne s'agit donc ici que de connoître quelle doit être la charge propre à produire ce diamètre double; et c'est sur quoi l'expérience peut aisément prononcer : mais pour avoir un guide dans cette recherche et une première base, j'établis le raisonnement suivant.

Nous savons que pour mettre la résistance d'un bourrage de mines à peu près en équilibre avec celle qu'opposent les terres non remuées qui avoisinent le foyer, il faut lui donner une étendue au moins double de la ligne de moindre résistance rapportée à la surface du terrain, afin de suppléer par une plus grande masse à la différence de densité.

Nous savons aussi par le résultat des expériences de l'an 9, que le bourrage peut être remplacé par une addition dans la charge : or, lorsqu'un fourneau est placé au fond d'un puits, son bourrage ne peut excéder la ligne de moindre résistance relative à la surface du terrain. De là je conclus, 1.° que sa résistance sera toujours plus foible que celle des autres parties environnantes, et qu'il faudra par conséquent y suppléer par une charge plus forte que celle qui seroit nécessaire si le bourrage pouvoit acquérir une étendue double; 2.° les expériences de l'an 9 nous ont prouvé que l'augmentation d'un quart dans la charge réduisoit le bourrage aux deux tiers, et que celle d'un demi le réduisoit à un tiers : donc le bourrage peut être réduit à un demi par l'addition de trois huitièmes dans la charge.

De là je conclus que pour qu'un fourneau placé au fond d'un puits puisse former à la surface du terrain un entonnoir d'un diamètre double de sa ligne de moindre résistance, la charge doit être de trois huitièmes plus forte que celle qui seroit nécessaire si on arrivoit à ce fourneau par un ra-

meau ordinaire dont le bourrage seroit double de la ligne de moindre résistance ;

C'est d'après ce raisonnement que je propose l'expérience suivante.

Expérience ayant pour objet de régler la charge d'un fourneau placé au fond d'un puits, pour que le diamètre de son entonnoir extérieur soit double de sa ligne de moindre résistance, rapportée à la surface du terrain et comptée du centre des poudres.

Cette expérience, ainsi que toutes celles que l'on demandera ci-après, peuvent être exécutées dans l'intérieur du fort Belle-Croix, à Metz. Dans le terre-plein du bastion à droite de la porte de secours, où la nature du terrain demande 0,80 kilogrammes (0,163lb) de poudre par mètre cube pour produire avec des rameaux l'entonnoir double de la ligne de moindre résistance, on établira deux petits puits, comme ceux de l'an 9, distans entr'eux d'environ 10 mètres (5toises), et de 3,27 mètres (10pieds) de profondeur totale : un de ces puits sera chargé de 66 kilogrammes (134lb) de poudre, contenus dans un coffre cubique de 0,43 mètres (16pouces) de côté dans œuvre ; laquelle charge sera d'environ trois huitièmes plus forte que les 48.94 kilogrammes (100lb) qu'exigeroit la ligne de moindre résistance de 3,25 mètres (10pieds), avec des rameaux ordinaires ;

On remplira le vide restant entre le coffre et les parois du puits, jusqu'au niveau du couvercle, après quoi on posera l'auget coudé comme aux expériences de l'an 9, et on

bourrera en plein et avec soin toute la hauteur du puits, en arc-boutant le bourrage sous chaque cadre.

Quoique je sois très-persuadé que le vide laissé autour des poudres doit augmenter son effet, je n'ai pas cru devoir en laisser ici, parce que dans les actions de guerre les charges des fourneaux placées au fond des puits devant toujours être considérables, il faudroit, pour pouvoir y ménager des vides proportionnés entre les poudres et les parois de la chambre, donner à celle-ci de grandes dimensions qui exigeroient beaucoup de temps et de soins, ce qui priveroit ce mode de fourneaux du grand avantage qui doit résulter de sa simplicité et de la promptitude de son exécution.

Si le jeu de ce premier fourneau ne remplit pas l'objet qu'on se propose, on exécutera le second en augmentant ou diminuant la charge en raison de l'effet que le premier aura produit. Je crois que ces deux fourneaux suffiront pour faire connoître la charge convenable pour produire l'entonnoir d'un diamètre double de la ligne de moindre résistance, et alors ce genre de fourneaux rentrera dans la même classe que ceux placés à l'extrémité d'un rameau ordinaire.

Cette expérience servira de base aux suivantes.

SECONDE PARTIE,

Ayant pour objet, 1.° l'appréciation des effets des fourneaux surchargés, établis dans le fond des puits, sur les galeries environnantes; 2.° la recherche des moyens que la défense peut employer pour se garantir de l'action de ces fourneaux surchargés.

La recherche des limites de la destruction des galeries qui environnent un fourneau surchargé, et celle des moyens à employer pour les conserver, étant liées ensemble et ne pouvant être appréciées que par l'expérience, il en résulte qu'il faudra encore y avoir recours en disposant celles qui seront nécessaires, de manière à ce qu'elles puissent remplir les deux objets : mais avant que d'entrer dans le détail de ces expériences, je vais présenter mes idées sur les moyens que l'assiégé peut employer pour garantir ses galeries et rameaux des effets de l'action des fourneaux surchargés, et tâcher de ramener l'équilibre entre les progrès de la défense et ceux de l'attaque.

J'ai dit dans le chapitre 5 de la troisième partie du Traité de la fortification souterraine, en parlant des expériences de Belidor et Lefebvre sur les globes de compression, que le renversement des galeries qui environnent le foyer à des distances relatives à la charge, ne devoit être attribué qu'à la discontinuité que les vides de ces galeries formoient dans la masse choquée; et j'ai ajouté, pour appuyer cette assertion, qu'aux épreuves de Lefebvre, à Potzdam, un petit fourneau

chargé et bourré très-près du globe avoit été conservé, puisqu'on avoit pu le faire jouer après le gros.

Ce fait, auquel je n'avois pas encore donné de suite, devient aujourd'hui très-intéressant; et j'avoue avec grand plaisir, que l'idée d'opposer le bourrage aux effets des fourneaux surchargés m'a été rappelée, il y a quelques années, par une lettre d'un de nos camarades qui étoit pour lors à Neuf-Brisach, et qui, ayant gardé l'anonyme, me prive de la satisfaction que j'aurois si je pouvois placer ici son nom.

Ce qui s'est passé aux expériences de Potzdam peut encore être appuyé par le raisonnement suivant.

Les poudres d'un fourneau de mines agissent sur les terres de deux manières différentes. Elles pénètrent, divisent, renversent et entraînent dans leur tourbillon celles qui avoisinent le foyer à des distances relatives à la charge; mais les parties de la masse qui se trouvent hors des limites du bouleversement, n'éprouvent qu'une commotion, un ébranlement ou mouvement d'oscillation, dont la force est encore relative à la charge : cet effet est le plus grand qu'il peut être dans les parties de la masse qui joignent celles du bouleversement; il diminue ensuite progressivement, et se convertit enfin en une légère vibration, qui décroît elle-même jusqu'à l'entière extinction du mouvement; et c'est cette force de commotion qui, rencontrant le vide des galeries, renverse le pied-droit qui se trouve dans sa direction. De là je tire les conséquences suivantes.

1.° Puisque la destruction des galeries placées hors des limites du bouleversement, mais dans la sphère de commotion, doit être attribuée au vide qu'elles forment dans la masse choquée, il me paroît naturel d'en conclure que l'on

doit pouvoir conserver ces galeries, en rétablissant par un bourrage bien fait la continuité dans la masse;

2.° Que pour connoître jusqu'à quelle distance du foyer des poudres on peut espérer de pouvoir conserver des rameaux bourrés, il faut chercher les limites du bouleversement des terres, à différentes charges, sous une même ligne de moindre résistance; et on sent que, pour y parvenir, il faut encore avoir recours à l'expérience, en plaçant des bouts de rameaux dans différens plans et à différentes distances du foyer.

En conséquence de tout ce qui précède je propose les quatre expériences suivantes, à exécuter sous une ligne de moindre résistance de 4,87 mètres (15^{pieds}).

La première s'exécutera avec la charge ordinaire propre à produire l'entonnoir de 9,74 mètres (30^{pieds}) de diamètre; elle aura deux objets à remplir:

1.° Celui de constater les limites de la destruction des galeries environnantes construites en bois, et celles de la sphère de commotion sensible;

2.° La recherche des limites du bouleversement des terres autour du foyer.

La seconde, exécutée avec une charge double de la première, aura aussi deux objets à remplir:

1.° De tenter la conservation des galeries et rameaux situés dans la sphère de commotion, mais hors du bouleversement des terres;

2.° D'apprécier les limites de la destruction des galeries environnantes construites en bois, et celles de la sphère de commotion sensible.

Les troisième et quatrième, exécutées avec des charges quadruple

druple et sextuple de la première, auront l'une et l'autre trois objets à remplir :

1.° La recherche des limites du bouleversement des terres autour du foyer des poudres ;

2.° De tenter la conservation des rameaux situés dans la sphère de commotion, mais hors des limites du bouleversement des terres ;

3.° D'apprécier les limites de la destruction des galeries en bois placées dans la sphère de commotion sensible, et celles de cette sphère.

Je supposerai, 1.° que le terrain destiné aux expériences sera sensiblement de niveau ; 2.° que, d'après l'expérience demandée dans la première partie de ce mémoire, il faudra 66 kilogrammes (134^{lb}) de poudre pour produire, sous 3,24 mètres (10^{pieds}) de ligne de moindre résistance, l'entonnoir de 6,50 mètres (20^{pieds}) de diamètre, et par conséquent 222,67 kilogrammes (455^{lb}) pour produire, sous 4,87 mètres (15^{pieds}), l'entonnoir de 9,74 mètres (30^{pieds}) ; bien entendu que les calculs fondés sur cette supposition varieront s'il faut plus ou moins de 66 kilogrammes (134^{lb}) pour l'expérience de la première partie.

Digitized by Google

Première expérience avec la charge ordinaire, ayant pour objet,

1.° *De constater les limites de la destruction des galeries situées dans la sphère de commotion sensible, et celles de cette sphère;*

2.° *La recherche des limites du bouleversement des terres autour du foyer.*

Pl. 19. Le point *A* étant le centre du puits destiné à recevoir la charge, la circonférence mise au trait exprimera le diamètre de l'entonnoir; et on trouvera, par le calcul, que la sphère de commotion sensible doit s'étendre jusqu'à la circonférence ponctuée *a b c d*, qui a 9,10 mètres (28^{pieds}) de rayon, et qui représente ici la section de la sphère par un plan horizontal passant par son centre.

Le puits *A* aura les mêmes dimensions d'ouverture que ceux de l'an 9, et 5,20 mètres (16^{pieds}) de profondeur totale; les 222,67 kilogrammes (455^{lb}) de charge seront contenus dans dix sacs de 22,27 kilogrammes (45^{lb}) et d'environ 25 décimètres 70 centimètres cubes (1260$\frac{1}{3}^{\text{pouces cubes}}$) de volume chacun.

Le mineur fera au fond du puits un lit de sacs à terre vides, sur lequel il couchera cinq sacs de poudre, dont un dans le centre du puits et quatre autour : il remplira avec des sacs à terre le vide qui se trouvera entre les parois du puits et ce premier lit de sacs de poudre, et après avoir saigné ces sacs, il en placera au milieu un sixième qui sera debout, et dans lequel sera noyé le bout du saucisson sortant d'un auget coudé, dont la grande branche sera arrêtée contre le

petit côté du puits; ensuite il placera les quatre sacs restans autour du sixième qui est debout. Il garnira pareillement avec soin les vides entre les parois du puits et le second lit de sacs de poudres : le tout sera recouvert par un plancher de poutrelles jointives, et le puits bourré et damé en plein avec étrésillons sous les cadres.

Pour remplir le premier but de cette expérience, qui est de constater les limites de la rupture des galeries environnantes et celles de la sphère de commotion sensible, je propose d'établir, en dehors de la circonférence mise au trait, les puits numérotés 1, 2, 3, 4 et 5, de 0,97 mètres (3^{pieds}) d'ouverture en quarré, et 5,84 mètres (18^{pieds}) de cote. Les numéros 1 et 2 seront coffrés en plein ; un des deux puits numéros 3 et 4 sera coffré en plein, et l'autre ne conservera que ses cadres, ainsi que le n.° 5. Ces puits seront éloignés du centre des poudres, et, dans l'ordre de leurs numéros, d'une fois un quart, une fois et demie, une fois trois quarts, deux fois, et deux fois un quart la ligne de moindre résistance; ils doivent être placés de manière que les poudres puissent exercer leur action sur chacun d'eux sans qu'elle soit interrompue dans son cours, et assez rapprochés les uns des autres pour que l'on puisse compter sur l'homogénéité du terrain.

Pour les garantir de la chute des blocs de terre, lors de l'explosion, on les couvrira par un double rang de longues poutrelles qui se croiseront, mais qui seront posées tant plein que vide, pour laisser à l'air du puits la facilité de pouvoir s'échapper et ne point gêner l'action des poudres.

Les puits coffrés serviront à établir les limites de rupture, et les autres feront connoître celles de la commotion sensible, qui cessera au point où la paroi d'un puits non

coffré ; opposée aux poudres, n'éprouvera aucune altération.

Je remplis le second but de l'expérience ainsi qu'il suit : du centre *A* partent deux rayons, prolongés de 3,24 mètres (10^{pieds}) au-delà de la circonférence ponctuée, dont les extrémités donnent les centres de deux grands puits *B* et *C*, qui conduisent à des rameaux situés dans la sphère de l'entonnoir à différentes distances du point *A* et dans des plans différens.

Les deux rameaux qui débouchent du puits *B* ont à leur extrémité 4,87 mètres (15^{pieds}) de cote, ainsi que le centre des poudres, dont ils sont éloignés, l'un de 2,58 mètres (8^{pieds}), et l'autre de 3,55 mètres (11^{pieds}), c'est-à-dire, de la moitié et des trois quarts de la ligne de moindre résistance.

Les extrémités des rameaux qui débouchent du puits *C* sont à 7,15 mètres (22^{pieds}) de cote, et les ciels sont éloignés, dans le sens horizontal, du centre du fond du puits, l'un de 1,30 mètres (4^{pieds}) et l'autre de 3,10 mètres (9^{pieds} 4^{pouces}) ; ce qui donne pour la vraie distance entre le centre du fond du puits et le ciel des rameaux, 1,62 mètres (5^{pieds}) et 3,24 mètres (10^{pieds}), c'est-à-dire, un tiers et deux tiers de la ligne de moindre résistance.

Ces rameaux doivent être coffrés en plein, et les châssis espacés d'environ 1 mètre (3^{pieds}) de centre en centre : il y aura un petit fourneau à chaque extrémité, et ils seront bourrés sur toute leur étendue. Après le jeu du fourneau *A* on les débourrera pour constater leur état, et déterminer l'étendue des parties qui seront bouleversées, et qui par conséquent ne pourront pas être débourrées ; après quoi on donnera le feu aux petits fourneaux pour reconnoître si la communication du saucisson aura été interrompue.

Les mesures marquées sur le dessein serviront à tracer la figure sur le terrain.

Seconde expérience, avec une charge double de la première, ayant pour objet,

1.° *La conservation des rameaux soumis à l'action des poudres d'un fourneau surchargé;*

2.° *L'appréciation des limites de la destruction des galeries, et de celles de la sphère de commotion sensible.*

Le puits *A*, destiné à recevoir les 445,35 kilogrammes (910^{lb}) de poudre, sera établi à environ 40 mètres (20^{toises}) de la crête du parapet d'un bastion. Il aura la même ouverture et profondeur que celui de la première expérience. Les cadres seront disposés de manière à ce qu'il s'en trouve un dont le dessous soit à 4,22 mètres (13^{pieds}) du dessus du cadre à oreille, et il sera placé un cadre sur le fond du puits. L'espace entre ces deux cadres sera coffré en plein et formera la chambre des poudres, qui sera plus que suffisante pour recevoir les 445,35 kilogrammes (910^{lb}), contenus dans vingt sacs de 22,27 kilogrammes (45^{lb}) et d'environ 25 décimètres 70 centimètres cubes (1260$\frac{1}{3}$$^{pouces\ cubes}$) de volume chacun, lesquels seront placés sur deux rangs de dix sacs, avec les précautions détaillées ci-devant pour que l'auget coudé se trouve entre les deux rangs : le vide qui se trouvera entre le dessus des sacs et le dessous du cadre voisin, sera rempli exactement par des poutrelles jointives posées sur les sacs; après quoi le puits sera bourré et damé en plein avec étrésillons sous tous les cadres. *Pl.* 19.

Il est à observer que ce puits ne doit être ouvert qu'après la confection des autres ouvrages détaillés ci-après.

La charge étant ici de 445,35 kilogrammes (910^{lb}), on trouvera par le calcul que le rayon de son entonnoir, dont la circonférence est mise au trait, doit être de 6,50 mètres (20^{pieds}), et que la sphère de commotion sensible, coupée par un plan horizontal passant par son centre et dont la circonférence *a b c d f* est ici ponctuée, doit avoir 11,21 mètres (34^{pieds}) de rayon.

Du centre *A* partent quatre rayons prolongés de 3,24 mètres (10^{pieds}) au-delà de la circonférence ponctuée *a b c d f*, et les extrémités de ces lignes marquent les centres des quatre grands puits *B, C, D, E*, qui conduisent à des dispositions de rameaux tous situés dans la sphère de l'entonnoir et dans celle de commotion, mais à différentes distances du centre *A* et dans des plans différens. On voit que le tracé a été fait de manière à laisser libre environ un tiers de la zone comprise entre les deux circonférences, pour l'établissement des puits destinés à remplir le second objet de cette expérience, et qu'au moyen de la mesure, rapportée sur la feuille de dessin, des cordes de la circonférence ponctuée, comprises entre les rayons qui passent par les centres de tous les puits, il devient facile de tracer sur le terrain.

Les deux retours qui débouchent du puits *B* présentent leur flanc à l'action des poudres et sont situés à 3,90 mètres (2^{toises}) de cote, de manière que la paroi du milieu de chaque retour opposée aux poudres, en est éloignée horizontalement, l'une de 8,12 mètres (25^{pieds}) et l'autre de 9,75 mètres (5^{toises}); c'est-à-dire d'une fois deux tiers et de deux fois la ligne de moindre résistance : les deux branches et le rameau qui y

conduit seront bourrés jusqu'au puits, où le bourrage sera arc-bouté contre la paroi opposée, et après le jeu du fourneau *A*, on débourrera le tout pour en reconnoître l'état.

Les deux rameaux qui débouchent du puits *C* se présentent en pointe, ainsi que ceux qui suivent, à l'action des poudres. Les extrémités sont éloignées du centre *A* de 3,24 mètres (10 pieds) dans le sens horizontal, c'est-à-dire, dès deux tiers de la ligne de moindre résistance ; ce qui donne 3,55 mètres (11 pieds) pour la distance vraie entre le centre des poudres du fourneau *A* et le ciel de l'extrémité des rameaux, dont le sol se trouve à 7,15 mètres (22 pieds) de cote : un des deux rameaux aura un petit fourneau chargé d'environ 7 kilogrammes (14 lb) de poudre, qui suffiront pour en faire apercevoir l'effet dans le grand entonnoir ; les deux rameaux et les 3,24 mètres (10 pieds) de demi-galerie sur leur prolongement seront bourrés sur toute leur étendue, et le bourrage arc-bouté contre la paroi de la demi-galerie qui débouche dans le puits. Après le jeu du fourneau *A* on débourrera le rameau où il n'y aura point de fourneau, pour en constater l'état ; ensuite on donnera le feu au fourneau de l'autre rameau, si toutefois on ne peut pas débourrer le tout.

Les rameaux qui débouchent des puits *D* et *E* ne diffèrent de ceux du puits *C*, que par les cotes de leurs extrémités, qui sont ici 4,87 et 5,85 mètres (15 et 18 pieds), et par les distances où elles se trouvent du centre *A*, qui sont 6,50 et 4,87 mètres (20 et 15 pieds), ou une fois un tiers et une fois la ligne de moindre résistance ; un des rameaux du puits *D* aura un petit fourneau chargé de 30 kilogrammes (60 lb) de poudre, et un des rameaux du puits *E* en aura un chargé de 15 kilogrammes (30 lb).

Le bourrage et le surplus comme il est dit pour le puits *C*.

Les puits d'un mètre ($3^{pi\ de}$) en quarré et 5,85 mètres (3^{toises}) de cote, qui occupent le restant de la zône entre les deux circonférences, sont destinés, comme ceux de la première expérience, à apprécier les limites de la destruction des galeries et celles de la sphère de commotion sensible. Ils sont numérotés depuis 1 jusqu'à 4. Les numéros 1 et 2 seront coffrés en plein; un des deux puits du n.° 3 sera coffré en plein, et l'autre ne conservera que ses cadres, ainsi que le puits n.° 4: ils sont éloignés du centre des poudres *A*, dans l'ordre de leurs numéros, d'une fois deux tiers, deux fois, deux fois un tiers, et deux fois et demie la ligne de moindre résistance.

Il reste à rendre compte de la manière dont on doit exécuter les rameaux, les charges et les bourrages des dispositions partant des puits *B, C, D, E,* pour tâcher d'en assurer le succès.

Mode d'exécution des rameaux, chambres et coffres des poudres, augets et bourrage, pour les rameaux qui environnent le fourneau A.

RAMEAUX.

L'objet qu'on se propose ici étant de remplir par le bourrage les vides des rameaux, de manière à ne présenter qu'une masse pleine et continue à l'action de la commotion, il en résulte que, dans la construction, on ne doit laisser que le moins de vides possible entre les terres et le coffrage; ce qui demande de bons mineurs, et la surveillance particulière des sous-officiers pour vérifier souvent la direction et les pentes.

Les

Les châssis à la hollandoise, faits en plateaux de sapin de 0,05 mètr. (1^pouc 10^lignes) d'épaisseur sur environ 0,22 mètr. (8^pouces) de largeur, seroient, à mon avis, préférables aux châssis ordinaires avec coffrage, en ce que 1.°, le mineur ayant à poser un ou deux châssis de plateaux lorsqu'il a fouillé 0,25 ou 0,50 mètres (12 à 19^pouces), il ne peut guères s'écarter de sa direction; 2.° ils peuvent toujours marquer la pente des rameaux en sciant leurs montans suivant l'inclinaison de cette pente, et en les plaçant d'aplomb, ce qui doit simplifier et accélérer l'ouvrage; 3.° on peut aussi les espacer tant pleins que vides, et même à de plus grandes distances, suivant la nature du terrain, et ils seront toujours dans la pente du rameau en sciant les montans, comme on vient de le dire, et en plaçant les semelles dans la direction et le plan des précédentes; 4.° enfin, les parois de ces rameaux ne présentant qu'un lambrissage uni, le bourrage sera plus facile et plus plein.

En conséquence je désirerois que l'on fît l'essai de ces châssis sur les rameaux du puits *C*, et sur le rameau du puits *E*, qui a un fourneau à son extrémité, en attaquant en même temps les deux rameaux de ce dernier puits, dont l'un étant coffré à la hollandoise et l'autre avec châssis ordinaires, on pourroit reconnoître la méthode la plus expéditive.

CHAMBRES ET COFFRES DES POUDRES.

Les chambres seront faites avec châssis à la hollandoise, et le fond garni; elles auront, à quelques lignes près, même largeur et profondeur que hors d'œuvre des coffres, et la hauteur sera de 16 centimètres (6^pouces) plus grande que ce hors d'œuvre, afin de pouvoir verser aisément les poudres dans les coffres mis en place. Ceux-ci seront faits en madriers de

0,05 mètres (1^{pouce} 10^{lignes}) d'épaisseur, et les 0,16 mètres (6^{pouces}) de vide entre le dessus de leur couvercle et le ciel de la chambre, seront remplis exactement avec des morceaux de poutrelles de 16 centimètres (6$^{\text{pouc.}}$) de hauteur, et de même longueur que la largeur de la chambre; enfin le tout sera masqué par une porte en madriers avec épars, entaillée pour le passage de l'auget, et arc-boutée contre la paroi opposée du rameau.

On aura attention, lors de la construction des rameaux et des chambres, de remplir avec soin les vides qui pourroient se former entre les terres et le coffrage par l'effet de quelques éboulemens.

AUGETS.

Il est bien essentiel de disposer les augets de manière à ce qu'ils ne puissent être coupés par l'effet de l'action des poudres; et pour y parvenir je propose, 1.° de les construire avec soin, et de réduire le vide intérieur à ce qui peut être nécessaire pour le libre passage du saucisson; 2.° de les placer dans le milieu de la largeur du rameau, en les maintenant en place par des taquets posés de trois en trois pieds et cloués sur les semelles; 3.° de clouer au coffre le bout montant de l'auget, qui doit porter le saucisson dans les poudres; 4.° enfin, d'arrêter solidement la petite branche d'auget en retour d'équerre, qui doit joindre la grande branche au bout montant, par un étrésillon placé entre l'extrémité de cette grande branche et la paroi du rameau opposée au coffre.

BOURRAGE.

Toutes les précautions précédentes deviendroient inutiles si on n'y ajoutoit pas un bourrage bien fait; et pour atteindre ce but je propose, 1.° d'y employer les sacs à terre, comme

le moyen le plus expéditif et le plus propre aux actions de guerre; 2.° de ne remplir les sacs que jusqu'aux trois quarts de leur hauteur, mais de les lier le plus près que l'on pourra de l'extrémité, afin que les terres puissent au besoin se répandre dans toute la capacité du sac, suivant que le mineur en aura besoin pour remplir quelques vides; 3.° d'avoir très-grand soin de n'employer dans les sacs que des terres douces et meubles; 4.° de faire souvent usage de la demoiselle ou petite dame pour comprimer les sacs; 5.° enfin, d'arc-bouter fortement l'extrémité du bourrage contre la paroi opposée de la demi-galerie ou du puits.

Troisième expérience, avec une charge quadruple de la première, ayant pour objet,

1.° *La recherche des limites du bouleversement des terres autour du foyer;*

2.° *De tenter la conservation des rameaux situés dans la sphère de commotion, mais hors des limites du bouleversement;*

3.° *D'apprécier les limites de la destruction des galeries en bois, placées dans la sphère de commotion, et celles de cette sphère.*

La charge quadruple étant de 890,71 kilogrammes (1820^{lb}), *Pl. 10.* le rayon de son entonnoir, dont la circonférence est mise au trait, sera de 8,45 mètres (26^{pieds}), et la sphère de commotion, dont la circonférence ponctuée représente la section par un plan horizontal passant par son centre, aura 14,08 mètres ($42\frac{1}{2}^{pieds}$) de rayon.

Le puits *A*, destiné à recevoir la charge, aura 1,08 mètres ($3\frac{1}{4}^{\text{pieds}}$) en quarré d'ouverture en dedans œuvre, ce qui donnera 1,24 mètres (4^{pieds}) pour le côté hors d'œuvre des cadres; sa profondeur totale sera de 5,20 mètres (17^{pieds}). Les cadres seront disposés de manière à ce qu'il s'en trouve un dont le dessous soit à 4,38 mètres ($13\frac{1}{2}^{\text{pieds}}$) du dessus du cadre à oreilles, et il sera placé un dernier cadre sur le fond du puits; l'espace entre ces deux cadres sera coffré en plein, et formera la chambre des poudres, qui seront contenues dans trente sacs, dont dix de 30,35 kilogrammes (62^{lb}), et vingt de 29,37 kilogrammes (60^{lb}), ayant chacun un volume d'environ 34 décimètres cubes ($1^{\text{pied cube}}$).

Ils seront placés sur deux rangs de quinze sacs, avec les précautions détaillées dans les autres expériences pour la pose de l'auget et la saignée des sacs; le vide qui restera entre le dessus des sacs et le dessous du cadre voisin, sera rempli par des poutrelles d'environ 16 centimètres d'équarrissage, posées jointivement sur les sacs et encastrées sous le cadre; le puits sera bourré et damé avec soin et étrésillons sous les cadres: on se rappellera qu'il ne doit être ouvert qu'après l'exécution des autres ouvrages.

Du centre *A* partent cinq rayons prolongés de 3,25 mètres (10^{pieds}) au-delà de la circonférence ponctuée, dont les extrémités marquent les centres de cinq grands puits *B*, *E*, *C*, *F*, *D*, qui conduisent à autant de dispositions de rameaux. Ceux qui débouchent des puits *B*, *C*, *D*, et qui pénètrent dans la sphère de l'entonnoir, sont destinés à remplir le premier objet de l'expérience. On voit que leurs extrémités sont établies deux à deux dans des plans différens; que les extrémités de ceux qui débouchent du puits *B*, ont 7,15 mètres

(22^{pieds}) de cote, et sont éloignées horizontalement du centre des poudres d'un tiers et de deux tiers de la ligne de moindre résistance; que celles des rameaux du puits *C* ont 4,87 mètres (15^{pieds}) de cote, et sont éloignées du centre *A* de trois quarts et cinq quarts de la ligne de moindre résistance; et qu'enfin les extrémités des rameaux du puits *D* ont 5,85 mètres (18^{pieds}) de cote, et sont éloignées de *A* d'une moitié et une fois la ligne de moindre résistance. Il y aura à chacune de ces extrémités un petit fourneau chargé de 8 à 15 kilogrammes (16 à 30^{lb}) de poudre, en raison de la distance au centre *A*, et les bourrages s'étendront au moins jusqu'à l'aplomb de la circonférence ponctuée.

Les rameaux qui débouchent des puits *E* et *F*, et qui sont établis dans la zone comprise entre les deux circonférences, sont destinés à remplir le second objet de l'expérience: les extrémités de ceux qui débouchent du puits *E* ont 5,85 mètres (18^{pieds}) de cote, et sont éloignées de *A* de deux fois la ligne de moindre résistance; celles des rameaux du puits *F* ont 4,87 mètres (14^{pieds}) de cote, et leur distance au centre *A* est de deux fois un tiers la ligne de moindre résistance. Tous ces rameaux seront bourrés jusqu'aux dernières galeries, à l'exception d'un des deux rameaux des puits *E* et *F*, que l'on laissera vides.

Enfin, pour remplir le troisième objet de l'expérience, j'établis les puits d'un mètre (3^{pieds}) en quarré d'ouverture, et 5,85 mètres (18^{pieds}) de cote, numérotés depuis 1 jusqu'à 5, éloignés de *A* comme on le voit au plan, et, dans l'ordre des numéros, de deux fois un quart, deux fois et demie, deux fois trois quarts, trois fois, et trois fois un quart la ligne de moindre résistance. Le puits n.° 1 sera coffré en plein; des

deux puits numéros 2 et 3, l'un sera coffré en plein, et l'autre ne conservera que ses cadres, ainsi que les puits numéros 4 et 5.

Après le jeu du fourneau surchargé, on procédera à la reconnoissance des effets ainsi qu'il suit : on commencera le débourrage par les rameaux du puits *C*, qui se fera jusqu'à ce que l'on arrive au point de leur destruction; on mesurera la longueur débourrée, et on donnera le feu au petit fourneau pour essayer si le bouleversement aura rompu entièrement la communication du saucisson. Cette opération se répètera sur les rameaux des puits *D* et *B*, ensuite sur ceux des puits *E* et *F*, dont on constatera l'état, ainsi que celui des puits numéros 1, 2, 3 et 4.

Quatrième expérience, avec la charge sextuple, ayant les mêmes objets à remplir que la troisième.

Pl. 20. La charge sextuple étant de 1285 kilogrammes (2627lb), le rayon de son entonnoir, dont la circonférence est mise au trait, sera de 9,75 mètres (29pieds), et la sphère de commotion, dont la circonférence ponctuée représente la section par un plan horizontal passant par son centre, aura 16,03 mètres (48pieds) de rayon.

Le puits *A* ne différera de celui de la troisième expérience que par sa profondeur, qui sera de 5,36 mètres (16pieds), et par la pose de l'avant-dernier cadre, dont le dessous sera à 4,22 mètres (13pieds) du dessus du cadre à oreilles. La charge contenue dans quarante-cinq sacs, dont quinze de 30,35 kilogrammes (62lb), et trente de 29,37 kilogrammes (60lb), sera placée sur trois rangs de quinze sacs chacun, avec les

mêmes précautions que dans les autres expériences, soit pour la pose de l'auget et le remplissage, par des poutrelles jointives, du vide qui se trouvera entre le dessus des sacs et le dessous du cadre voisin, soit pour le bourrage.

Les rameaux ne diffèrent pareillement de ceux de la troisième expérience que par leur plus grande longueur, et par les distances de leurs extrémités au centre du fourneau surchargé: on voit qu'ici les extrémités des rameaux du puits *B* sont éloignées horizontalement du centre *A* de moitié et trois quarts de la ligne de moindre résistance, 4,87 mètres (15 pieds); que celles du puits *D* en sont éloignées de trois quarts et cinq quarts; celles du puits *C* d'une fois et une fois et demie; celles de *E* de deux fois un tiers, et celles de *F* de deux fois deux tiers.

On voit pareillement que les puits d'un mètre (3 pieds) en quarré, numérotés depuis 1 jusqu'à 5, sont éloignés du centre *A*, dans l'ordre de leurs numéros, de deux fois un tiers, deux fois deux tiers, trois fois, trois fois un quart, et trois fois et demie la ligne de moindre résistance; l'un des deux puits des numéros 2, 3 et 4, sera coffré en plein, et l'autre ne conservera que ses cadres, ainsi que le puits n.° 5.

On se conformera à ce qui a été dit dans le détail de la troisième expérience, pour procéder à la reconnoissance des effets après le jeu du fourneau *A*.

Aperçu de la dépense à faire pour les quatre expériences demandées dans la seconde partie du mémoire.

Dépense de la première expérience.

		f c
580	mètres courans ($297\frac{1}{2}$ toises) de bois de sapin de sciage, de 8 sur 10 centimètres (35 sur 44 lignes) d'équarrissage; le mètre à 30 centimes (la toise à $58\frac{1}{2}$ c), prix moyen.....	174,00
400	planches de sapin, de 3,90 mètres (2 toises) de longueur, à 70f le cent.....	280,00
2500	cloux de lattes, à 10f le millier.....	25,00
7	kilogrammes ($14\frac{1}{4}$ lb) de chandelle, à 1f 50c le kilogramme (la livre à 74c).....	10,50
10	sacs à poudre à 1f 40c l'un, tout compris..	14,00
64	mètres courans ($32\frac{5}{6}$ toises) de saucisson, à 30c le mètre ($58\frac{1}{2}$ c la toise).....	19,20
	Cordeaux, ficelle et paniers de mineurs.....	30,00
	Ouvrages imprévus.....	47,30
	TOTAL pour la première expérience...	600,00

Objets à tirer des magasins de l'artillerie.

Sacs à terre.....	1800 sacs.
Poudres.....	6 quintaux.

Dépense

*Dépense de la deuxième expérience.**

		f	c
370	mètres courans (185 toises) de bois de sapin de sciage, à 30c l'un (60c la toise).....	111	,00
300	mètres courans (150 toises) de plateaux de sapin, de 6 centimètres (2 pouces) d'épaisseur, et 22 centimètres (7 pouces) de largeur, à 42c l'un (84c la toise).....	126	,00
250	planches de sapin, à 70f le cent.....	175	,00
4000	clous de lattes, à 10f le millier.....	40	,00
15	kilogrammes (30 lb) de chandelles, à 1f 50c le kilogramme (75c la livre).....	22	,50
20	sacs à poudre, à 1f 40c l'un.....	28	,00
60	mètres courans (30 toises) de saucissons, à 30c le mètre (60c la toise).....	18	,00
	Ficelle et paniers de mineurs.....	15	,00
	Ouvrages imprévus.....	14	,50
	TOTAL pour la deuxième expérience....	550	,00

Objets à tirer des magasins de l'artillerie.

Sacs à terre.....	1500 sacs.
Poudres.....	10 quintaux.

* Dans le calcul de cette dépense et de celle des expériences suivantes, on a eu égard aux matériaux employés précédemment qui pouvoient être remis en œuvre.

Dépense de la troisième expérience.

	f	c
560 mètres courans (280 toises) de bois de sapin de sciage, à 30c l'un (60c la toise).....	168,00	
360 mètres courans (180 toises) de madriers de sapin, à 42c l'un (84c la toise).....	151,20	
300 planches, à 70f le cent.....	210,00	
6000 clous de lattes, à 10f le millier.....	60,00	
30 kilogrammes (60 lb) de chandelles, à 1f 50c le kilogramme (75c la livre).....	45,00	
30 sacs à poudre, à 1f 93c l'un, tout compris..	57,90	
158,66 mètres (370 pieds) courans de saucissons, à 30c le mètre (10c le pied).....	37,00	
Cordeaux, ficelle et paniers à mineurs.....	20,00	
Ouvrages imprévus.....	50,90	
TOTAL pour la troisième expérience...	800,00	

Objets à tirer des magasins de l'artillerie.

Sacs à terre.....	6000 sacs.
Poudres.....	21 quintaux.

Dépense de la quatrième expérience.

		f	c
1340	pieds courans de bois de sapin de sciage, à 10^{c} le pied.....	134,00	
	Madriers de sapin, *idem* que pour la troisième expérience.....	151,20	
350	planches de sapin, à 70^{f} le cent.....	245,00	
8000	clous de lattes, à 10^{f} le millier.....	80,00	
40	kilogrammes (80^{lb}) de chandelles, à 1^{f} 50^{c} le kilogramme (75^{c} la livre).....	60,00	
45	sacs à poudre, à 1^{f} 93^{c} le sac.....	86,85	
	Saucissons, *idem* que pour la troisième expérience.....	37,00	
	Ficelles et paniers à mineurs.....	10,00	
	Ouvrages imprévus.....	45,95	
	TOTAL pour la quatrième expérience...	850,00	

Objets à tirer des magasins de l'artillerie.

Sacs à terre.....	6000 sacs.
Poudres.....	30 quintaux.

Récapitulation de la dépense.

	f c
Pour la première expérience de la seconde partie du mémoire.....	600,00
Pour la deuxième.....	550,00
Pour la troisième.....	800,00
Pour la quatrième.....	850,00
TOTAL GÉNÉRAL.....	2800,00

OBSERVATIONS.

Dans l'aperçu de la dépense on n'a point compris celle de la main-d'œuvre, attendu que ces expériences peuvent servir d'école pratique aux mineurs.

FIN.

608642 Biblioteca Nazionale V. E. NAPOLI

TABLE.

PREMIÈRE PARTIE.

Matériel des mines.

CHAPITRE PREMIER.

Définitions..... page 1

CHAPITRE II.

Construction des galeries de mines,..... 7

CHAPITRE III.

De la charge de la mine; de la figure de l'entonnoir; du bourrage et des autres dispositions pour faire jouer un fourneau; de la fumée..... 23

CHAPITRE IV.

De la disposition des fourneaux entre eux..... 37

PROBLÈME.

Déterminer le solide formé par la pénétration de deux cônes droits égaux dont les axes sont parallèles et dont les hauteurs sont égales aux diamètres des bases..... 50

Table des charges pour les fourneaux isolés dans un terrain qui exige douze livres par toise cube, ou 0,79 kilogrammes par mètre cube, pour produire

un entonnoir d'un diamètre double de la ligne de moindre résistance..... page 54

Table des charges pour deux fourneaux qui doivent jouer ensemble, depuis le point où les circonférences sont tangentes, jusqu'à celui où elles se confondent, dans un terrain qui exige douze livres par toise cube, ou 0,79 *kilogrammes par mètre cube, pour produire un entonnoir d'un diamètre double de la ligne de moindre résistance*.. 55

SECONDE PARTIE.

Essai sur la théorie des mines.

CHAPITRE PREMIER.

De la poudre à canon..... 59

CHAPITRE II.

De l'action d'un fourneau de mines sur la masse des terres environnantes..... 94

TROISIÈME PARTIE.

Application à la défense des places.

CHAPITRE PREMIER.

Recherches sur la marche que peut suivre l'assiégeant à l'attaque d'un front défendu par les mines..... 111

CHAPITRE II.

Essai sur la solution de quelques questions relatives aux mines..... 117

CHAPITRE III.

Précis des différens systèmes de mines défensives connus jusqu'à ce jour..... page 134

CHAPITRE IV.

Lois générales que l'on doit suivre dans le tracé d'un système de mines..... 142

CHAPITRE V.

Projet de mines à trois étages, contre une tête de sape, dont la direction est indéterminée, mais qui doit couper perpendiculairement ou obliquement une ligne AA BB, *donnée de position*..... 145

CHAPITRE VI.

Application des principes précédens à un front de place dont le terrain permet de s'approfondir d'environ 3,25 *mètres* (10^{pieds}) *en contre-bas du fond des fossés*.... 166

CHAPITRE VII.

Devis détaillé des approvisionnemens nécessaires à l'exécution des galeries et rameaux à construire en bois avant le siége, lorsque le front est soumis aux ricochets..... 187

CHAPITRE VIII.

Construction des galeries en bois..... 194

CHAPITRE IX.

Conduite du mineur assiégé pendant la durée du siége. 200

CHAPITRE X.

Résumé des objets principaux contenus dans ce Mémoire ..... page 209

QUATRIÈME PARTIE.

Attaque des systèmes de mines défensives à enveloppes et écoutes, et de leurs galeries de contrescarpe. 213

CINQUIÈME PARTIE.

Défense particulière d'une demi-lune composée ou d'un bastion avec contre-garde 279

SIXIÈME PARTIE.

Défense des bastions des anciennes places. 289

MÉMOIRES.

Mémoire sur les ouvrages avancés et détachés des places 301

Mémoire sur le moyen de garantir des ricochets les faces des bastions d'une enceinte régulière de moyenne grandeur; suivi de recherches sur les moyens que l'on pourroit employer pour perfectionner le tracé des fronts à grandes demi-lunes. 331

PROBLÈME.

Trouver le moyen de placer les bastions dans de grands rentrans, et de garantir leurs faces des ricochets, par les demi-lunes, dans une enceinte moyenne d'environ 563 *mètres* ($281\frac{1}{2}$ toises) *de rayon*..... page 336

Recherches sur les moyens de perfectionner le tracé du tridécagone de 70 *mètres* (140 toises), *ou de tout autre à grandes demi-lunes*..... 359

Mémoire relatif à des expériences à faire pour tenter la diminution et même la suppression totale du bourrage des mines..... 371

Expériences à faire avec des puits destinés à recevoir les poudres et placés à côté d'autres puits qui doivent être détruits par l'effet de l'explosion... 378

Expériences avec des rameaux ordinaires dirigés vers les grands puits à détruire..... 382

Procès-verbal des expériences faites à Metz pendant les mois de Messidor et Thermidor an 9, *sur le bourrage des mines*..... ibid.

Second mémoire sur le bourrage des mines... 401

PREMIÈRE PARTIE.

Recherche des principes propres aux fourneaux de mines établis dans le fond des puits..... 402

SECONDE PARTIE

Ayant pour objet, 1.° l'appréciation des effets des fourneaux surchargés, établis dans le fond des puits, sur les galeries environnantes; 2.° la recherche des moyens que la défense peut employer pour se garantir de l'action de ces fourneaux surchargés..... page 406

Fin de la Table.

ERRATA.

(*Les fautes ci-après ont été commises lors de la réduction des mesures nouvelles en anciennes, laquelle n'a pu être faite sous les yeux de l'auteur.*)

Page 96, ligne 25 ; 17646 ℔, *lisez* 18000 ℔.
98 24 ; 2940 ℔, *lis.* 3000 ℔.
99 18 ; 19 pieds 6 pouces, *lis.* 20 pieds.
23 ; 2940 ℔, *lis.* 3000 ℔.
103 12 ; 196 toises, *lis.* 200 toises.
139 19 ; 3,33 mètres, *lis.* 3,25 mètres.
162 29 ; 5,60 mètres, *lis.* 5,70 mètres.
164 12 ; 4,06 mètres, *lis.* 4 mètres.
24 ; 10 pouces, *lis.* 30 pouces.
170 2 ; 92 pieds, *lis.* 94 pieds.
173 8 ; 19 pieds 6 pouces, *lis.* 20 pieds.
11 ; 2 pieds, *lis.* 2 pieds et demi.
174 24 ; 19 pieds 6 pouces, *lis.* 20 pieds.
177 2 ; 21 pieds, *lis.* 22 pieds.
181 14 ; 39 pieds, *lis.* 40 pieds.
187 17 ; 3 pieds, *lis.* 2 pieds et demi.
217 13 ; 2530 ℔, *lis.* 3600 ℔.
218 4 ; 4902 ℔, *lis.* 5000 ℔.
219 2 ; 57 pieds, *lis.* 58 pieds.
269 7 ; 2 pieds, *lis.* 2 pieds et demi.
280 17 ; 350 pieds, *lis.* 60 toises.
22 ; 5 pieds, *lis.* 8 pieds.
287 5 et 6 ; 68 toises, *lis.* 70 toises, et 116,40 mètres (60 toises), *au lieu de* 116 (58 toises).
292 7 ; 35 pieds, *lis.* 6 toises.
307 7 et 16 ; 116 toises, *lis.* 120 toises.
317 18 ; 68 toises, *lis.* 70 toises.
26 ; 29 toises, *lis.* 30 toises.
319 21 ; 39 toises, *lis.* 40 toises.
336 15 ; 281½ toises, *lis.* 290 toises.
dernière ; 99 toises, *lis.* 102 toises.
346 23 ; 841 pieds, *lis.* 140 toises.
362 23 ; 139 toises, *lis.* 140 toises.
404 11 ; 0,163 ℔, *lis.* 1,63 ℔.
421 19 ; 14 pieds, *lis.* 15 pieds.

Digitized by Google

AVERTISSEMENT

Sur la manière dont les différentes couleurs des dessins sont représentées par la gravure.

Le noir d'encre de la Chine est exprimé par des hachures fortes et serrées.

Le bistre, par des hachures plus claires.

Le jaune est resté en blanc sur le papier des planches, ainsi que les petits quarrés qui désignent les fourneaux de mines.

Digitized by Google

Fig.

Chas
de
Galle

E.

F

G

Echelle Pour les Outils.

1 2 3 4 5 Decimetres

I

L

Pic à Roc ordinaire

Masse quarrée

Echelle Pour les Outils

4 8 12 16 Pouces.

Fig. 7.

N Hoyau à deux Tranches

O Bec de Canne à Tête

P Pic à feuille de Sauge

Q Langue de Bœuf

Tranchée

E.

B

D

B

F

Fig. 8.

B

E

c

c

Fig. 13. Plan d'un Rameau

A

Fig. 14. Elévation du Rameau

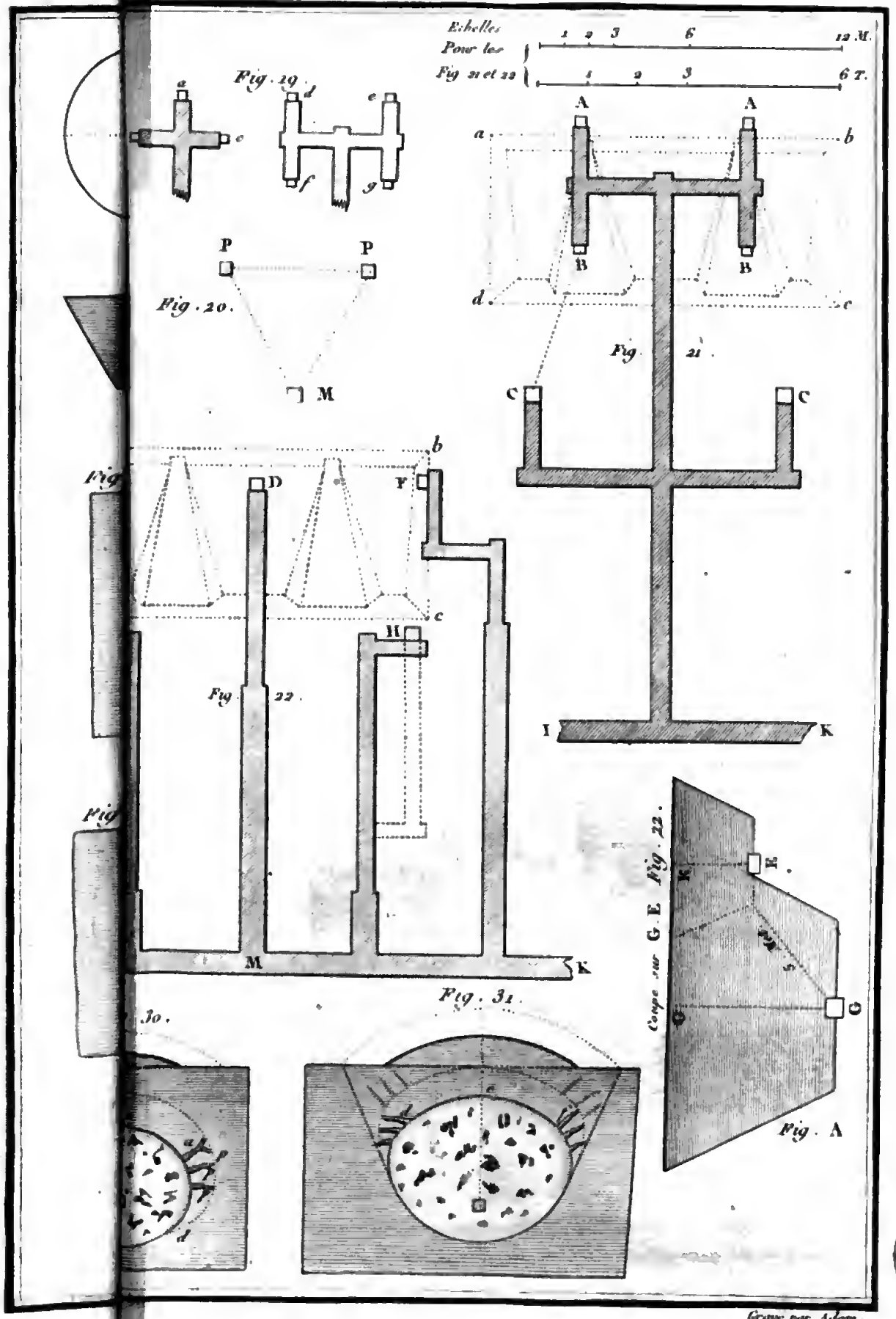
b

A

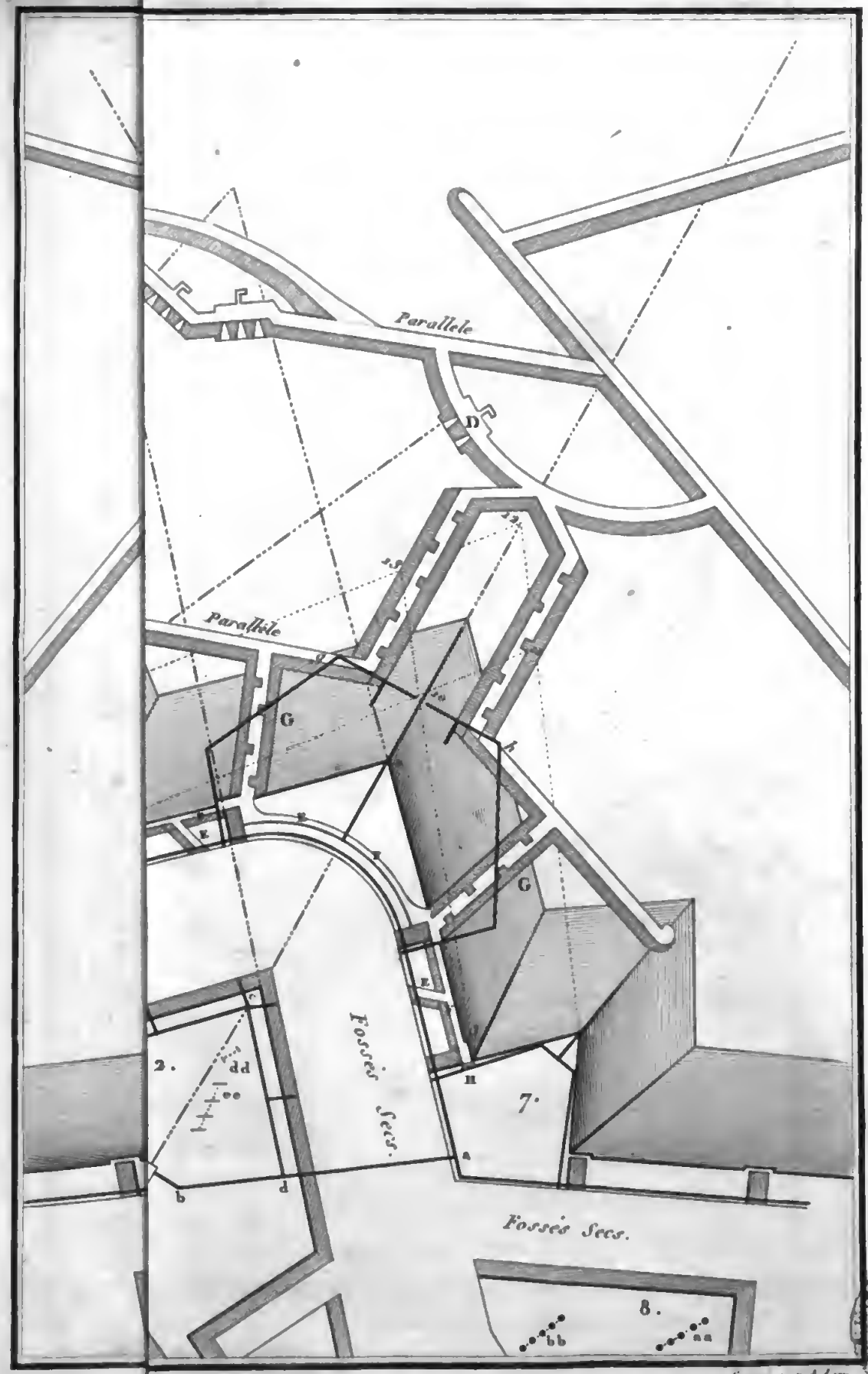
Gravé par Adam.

NAPOLI

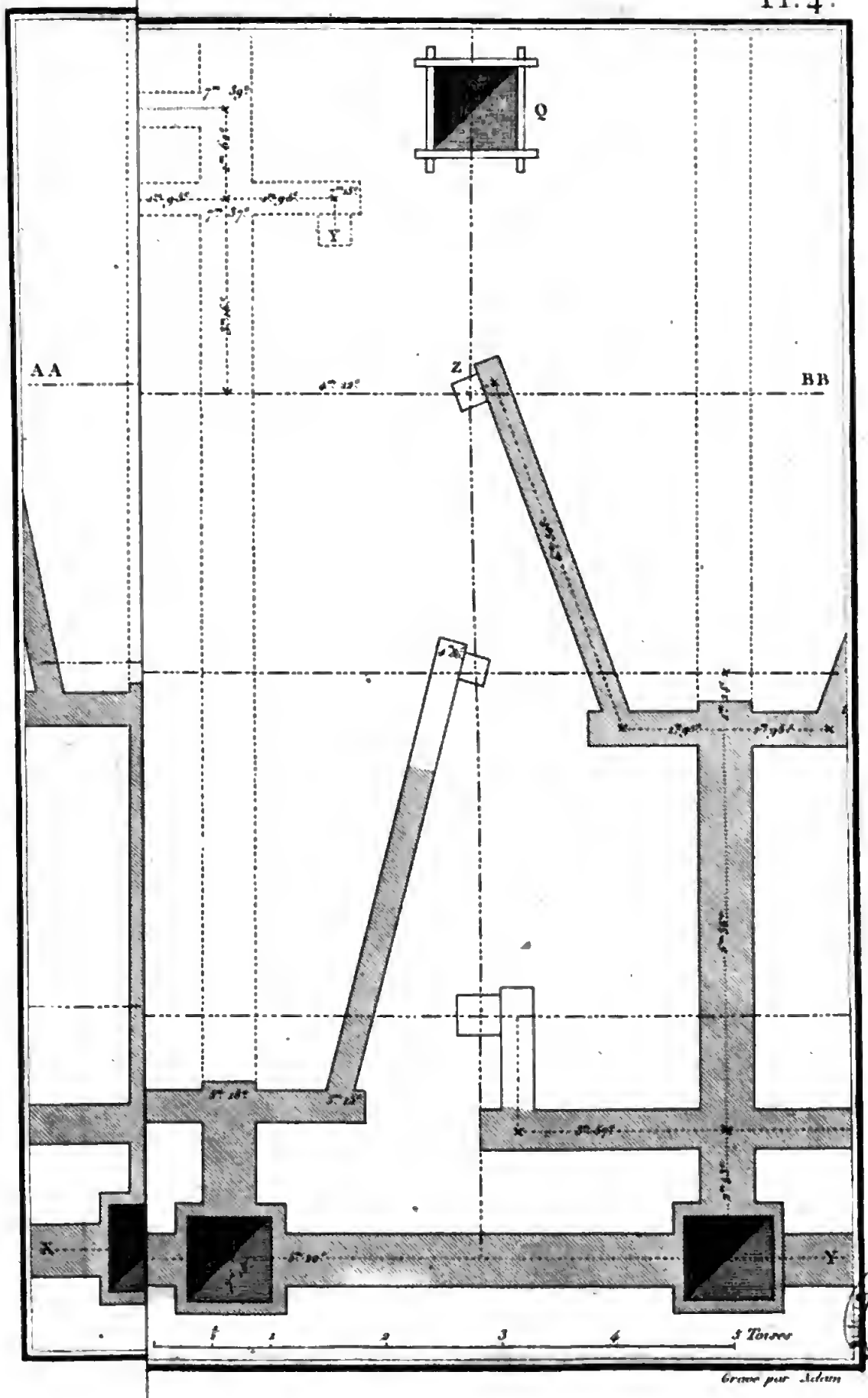
Digitized by Google



Digitized by Google

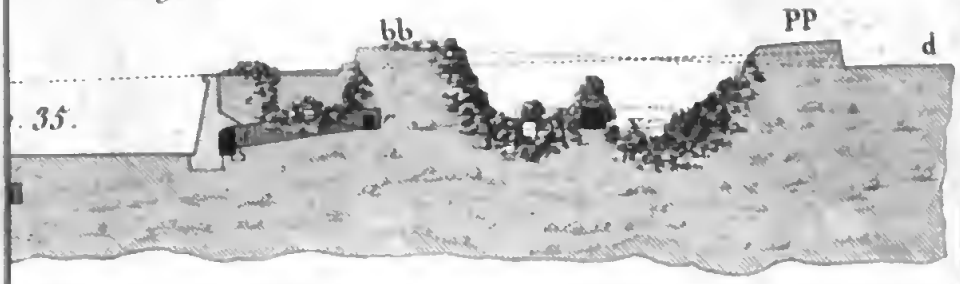

Parallele
D
Parallele
G
G
2.
dd
Fossés Secs.
7.
b
d
Fossés Secs.
8.
bb
aa

NAPOLI



NAPOLI

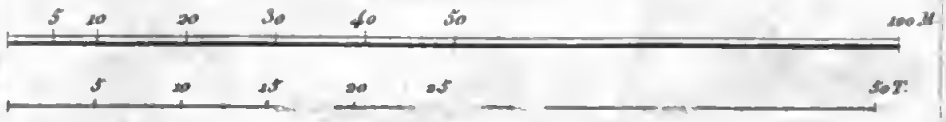
abcd *de la Fig 34*



Coupe sur ef de la Fig. 36.

Fig. 37

Echelle des Plans.



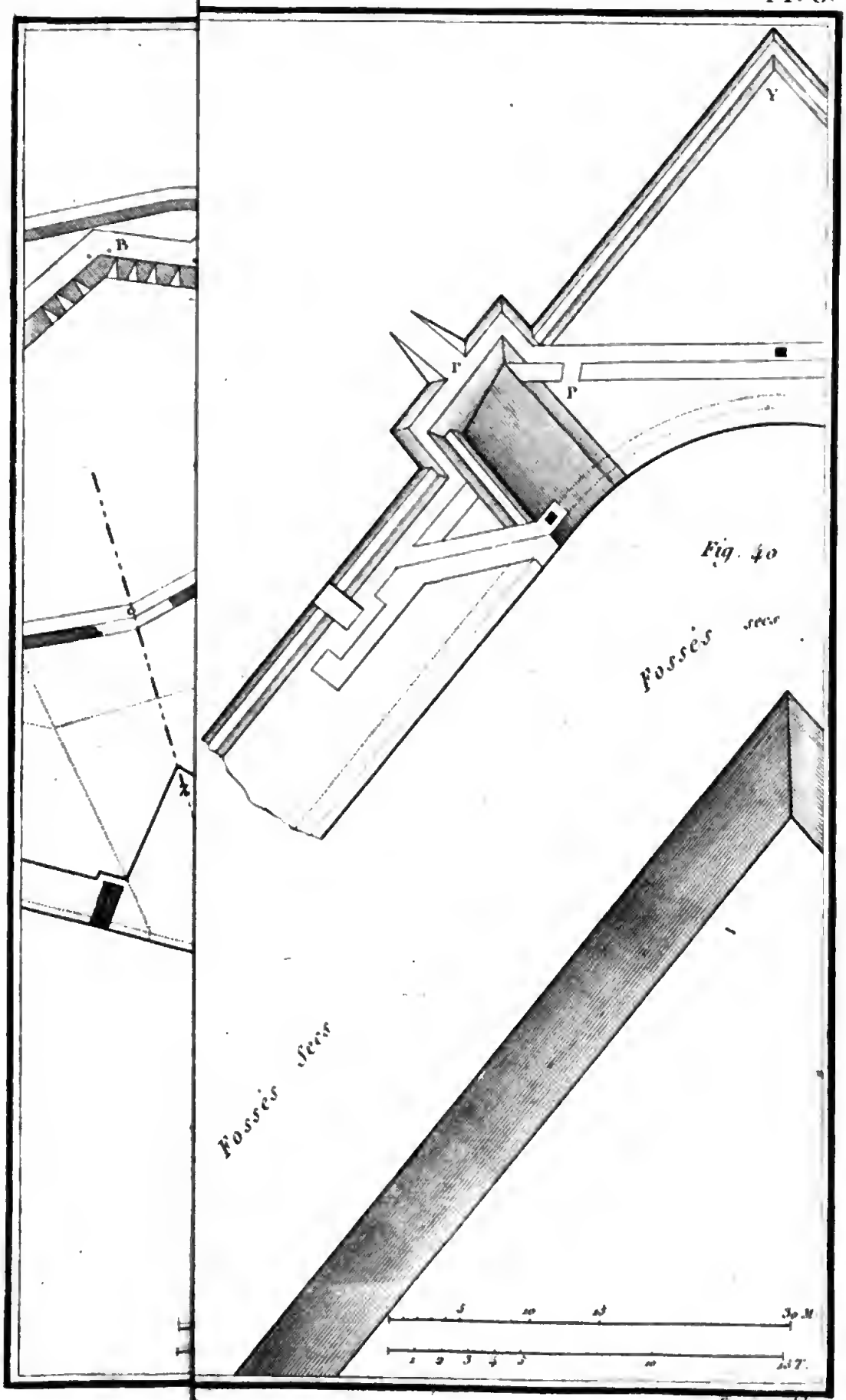
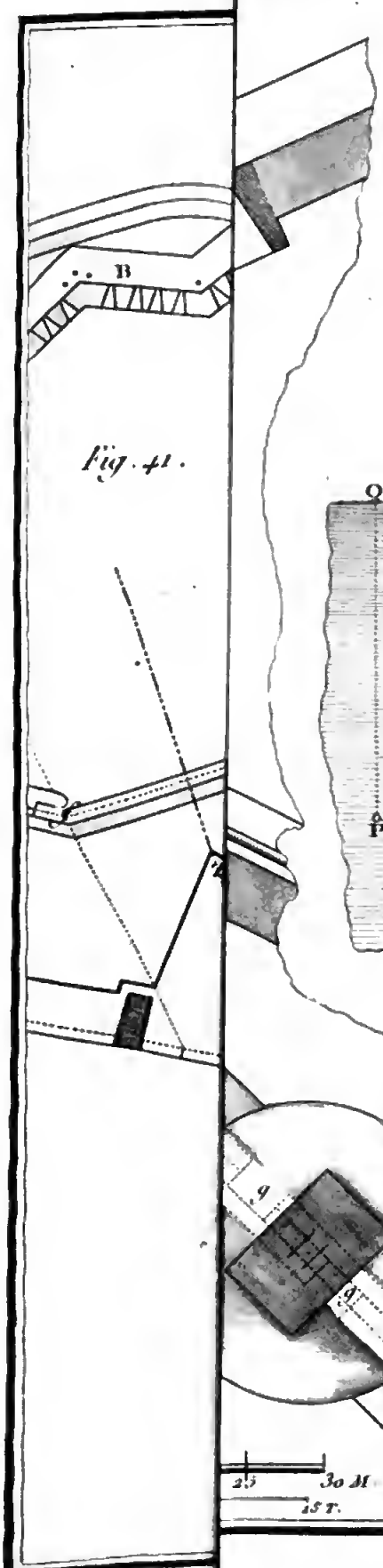
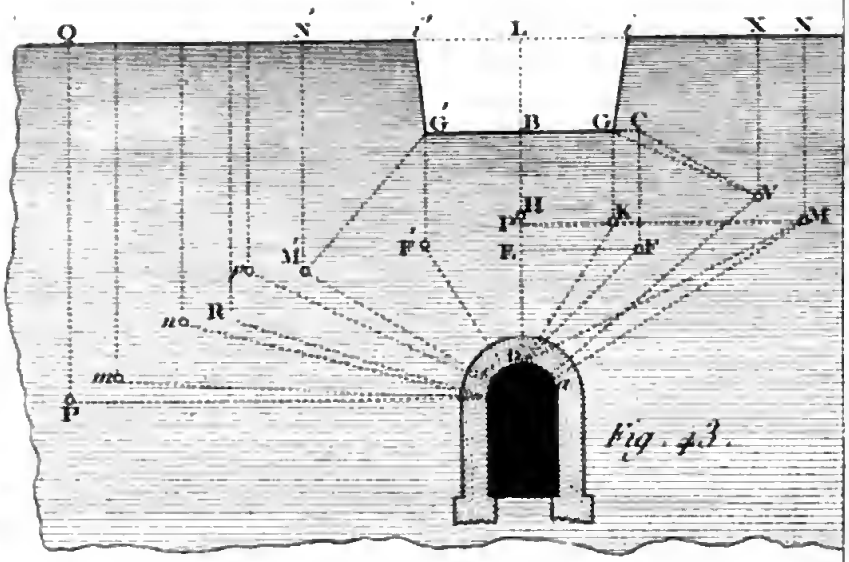
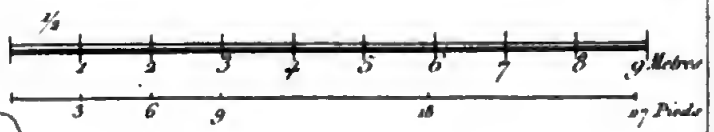


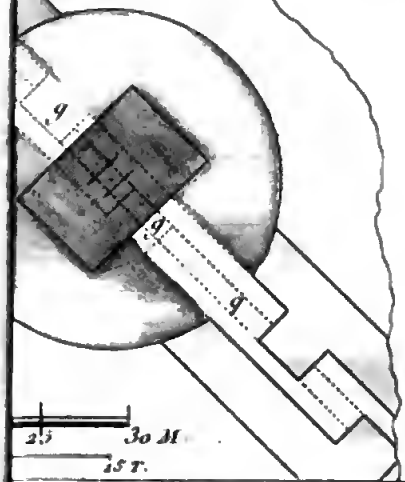
Fig. 40

NAPOLI



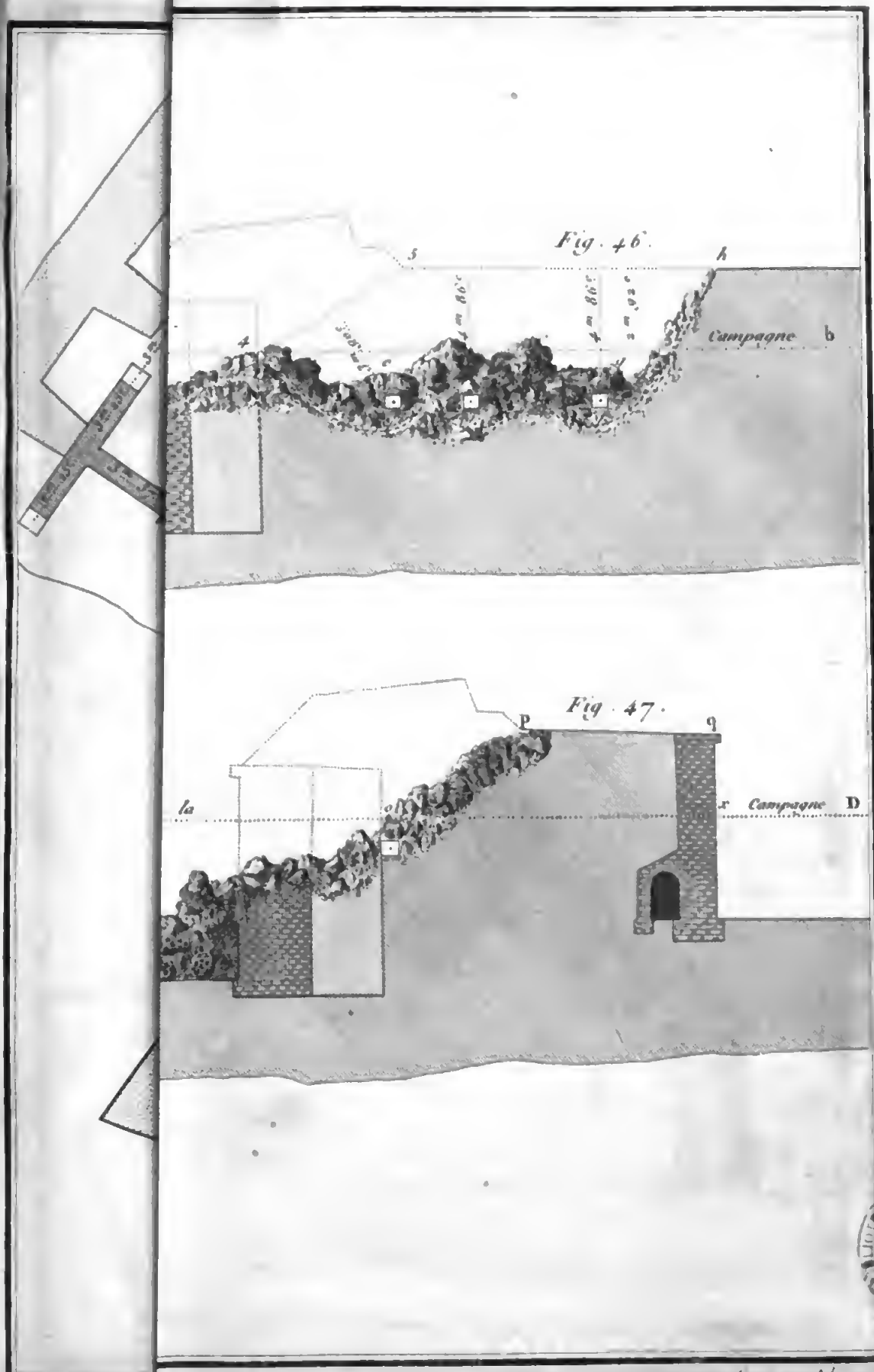




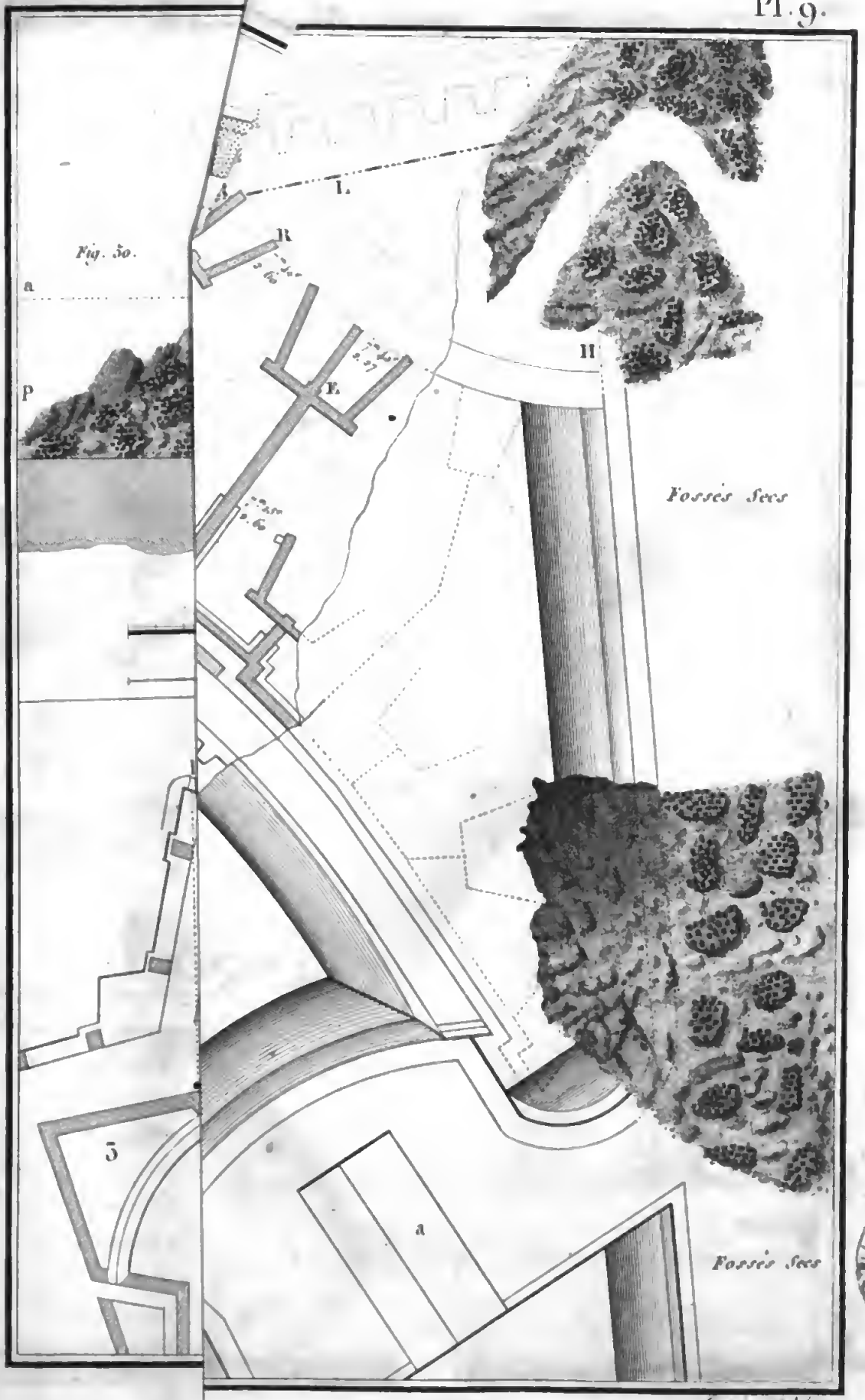


Gravé par Adam

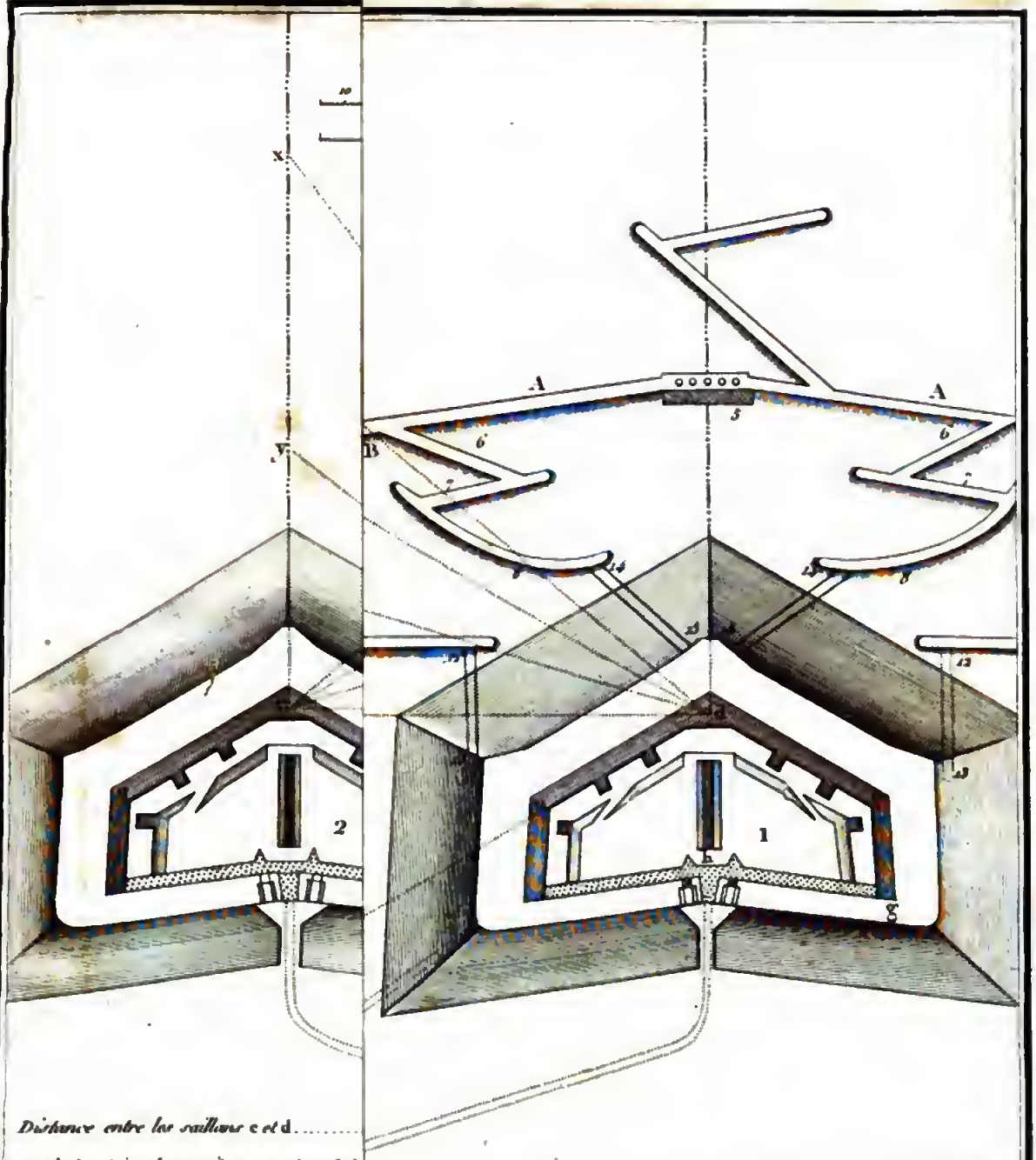
NAPOLI



NAPOLI



BIBLIOTECA NAPOLI



Distance entre les saillans c *et* d .....

Côté des triangles Equilateraux abe abd

ce = de' = c s = d s .....

ce = de' .....

cs = ds' .....

ae = ae' .....

as = a s' .....

ux = v y .....

cx .....

cy .....

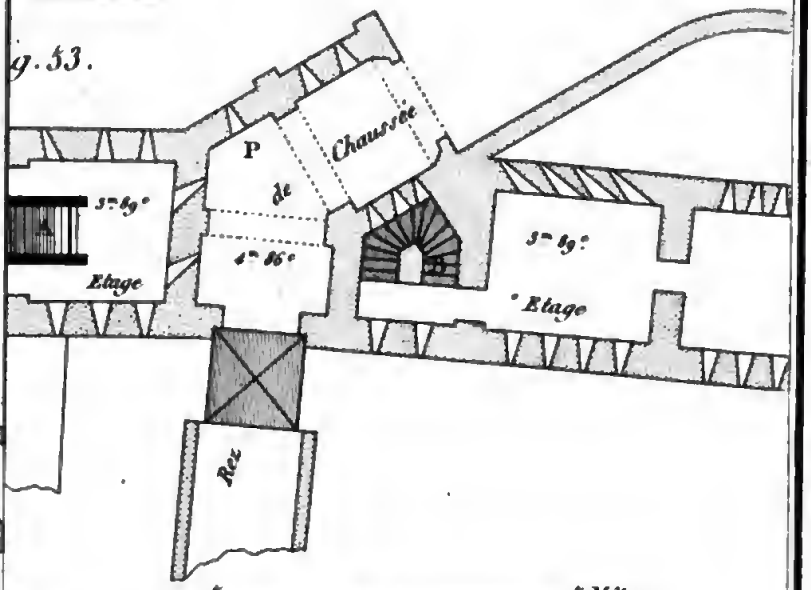
ai =	29m.	10c
ix =	38.	60
xl =	48.	50
l m =	97.	00
a n =	38.	20
d f =	77.	60
f g =	38.	80
d h =	67.	90

NAPOLI

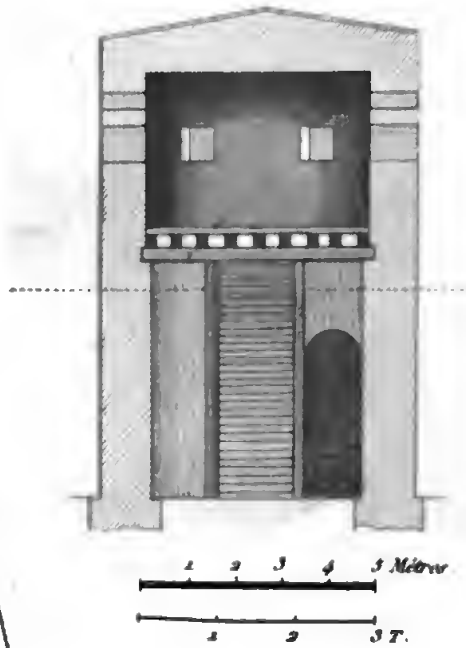
Gravé par Adam

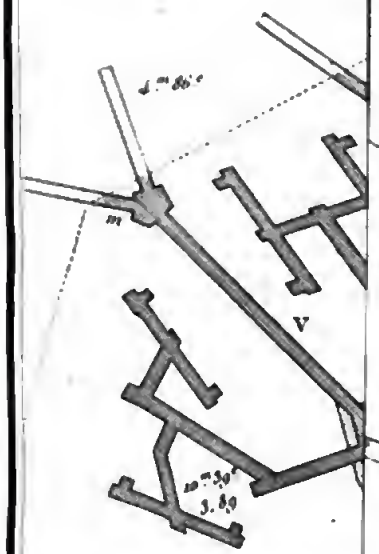
Digitized by Google

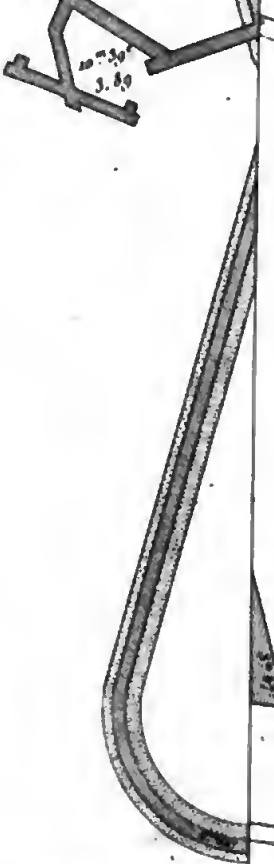
g. 53.

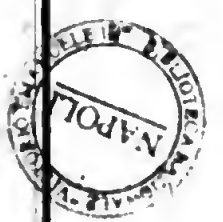


Souterrain et Cazemate entre les Portes.





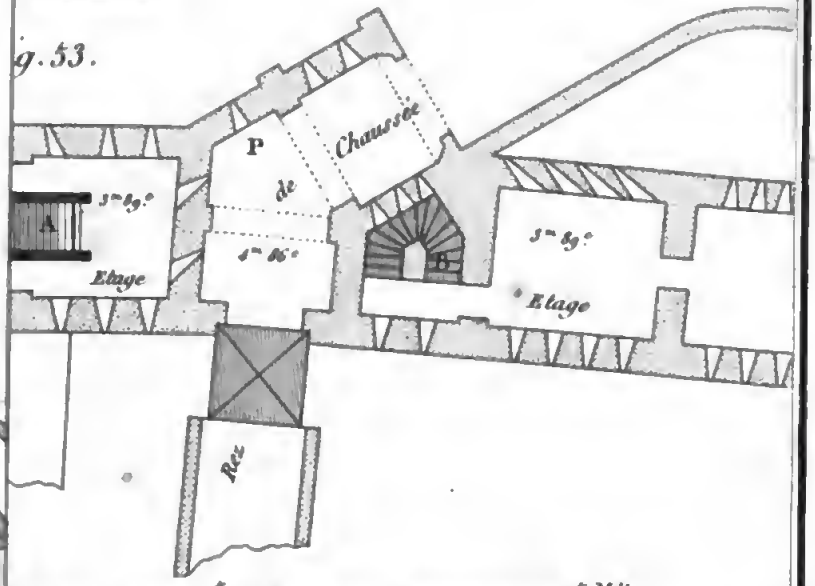




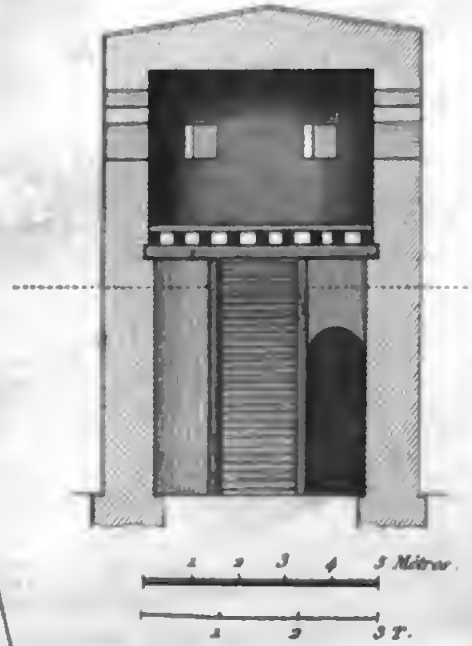
Gravé par Adam.

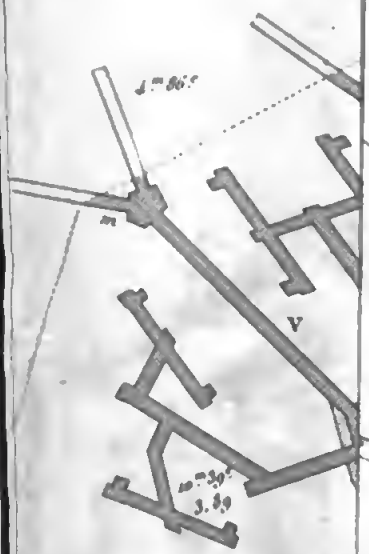
Digitized by Google

g. 53.



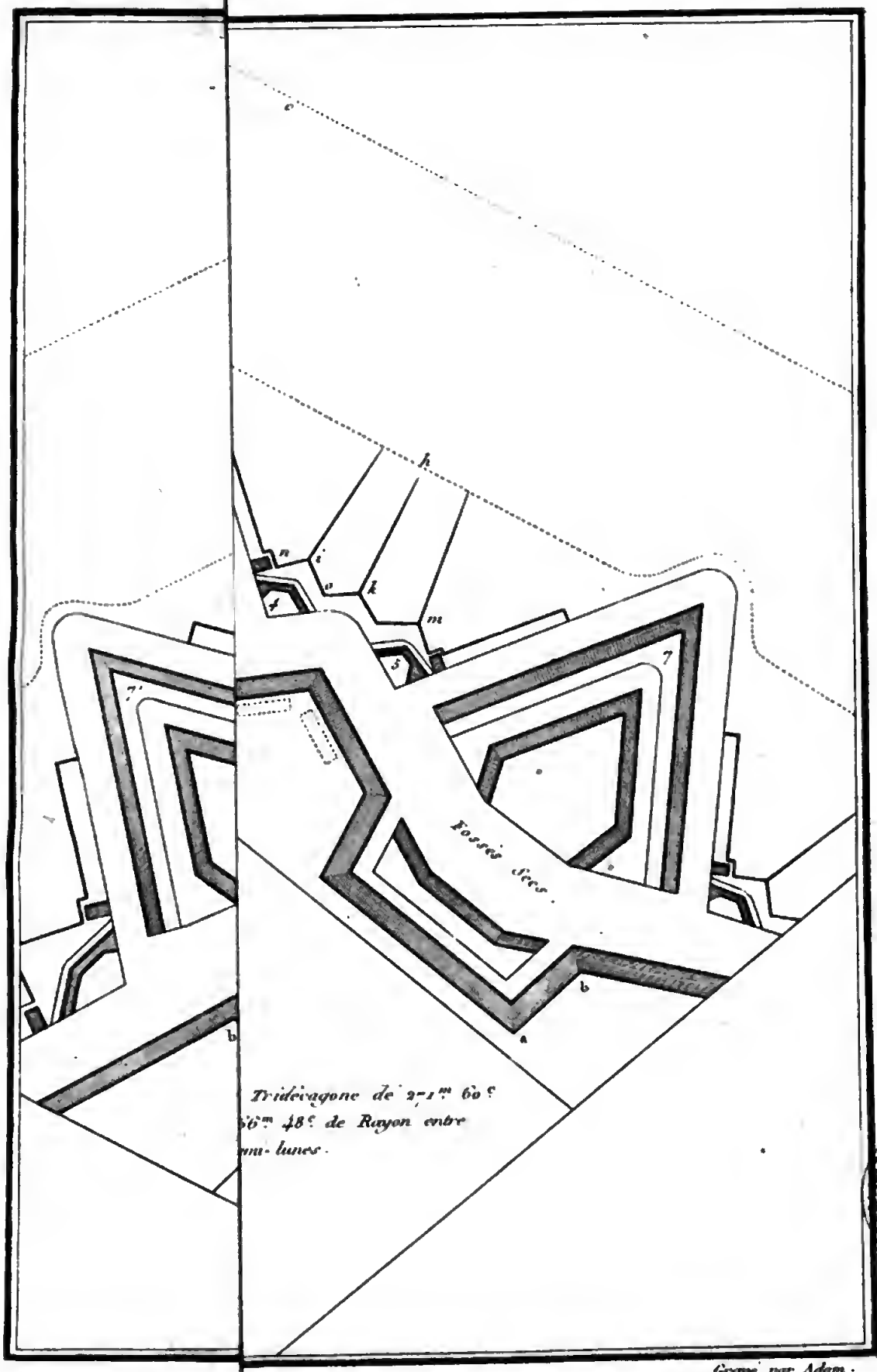
Souterrain et Caxemate entre les Portes.





N. APOLI

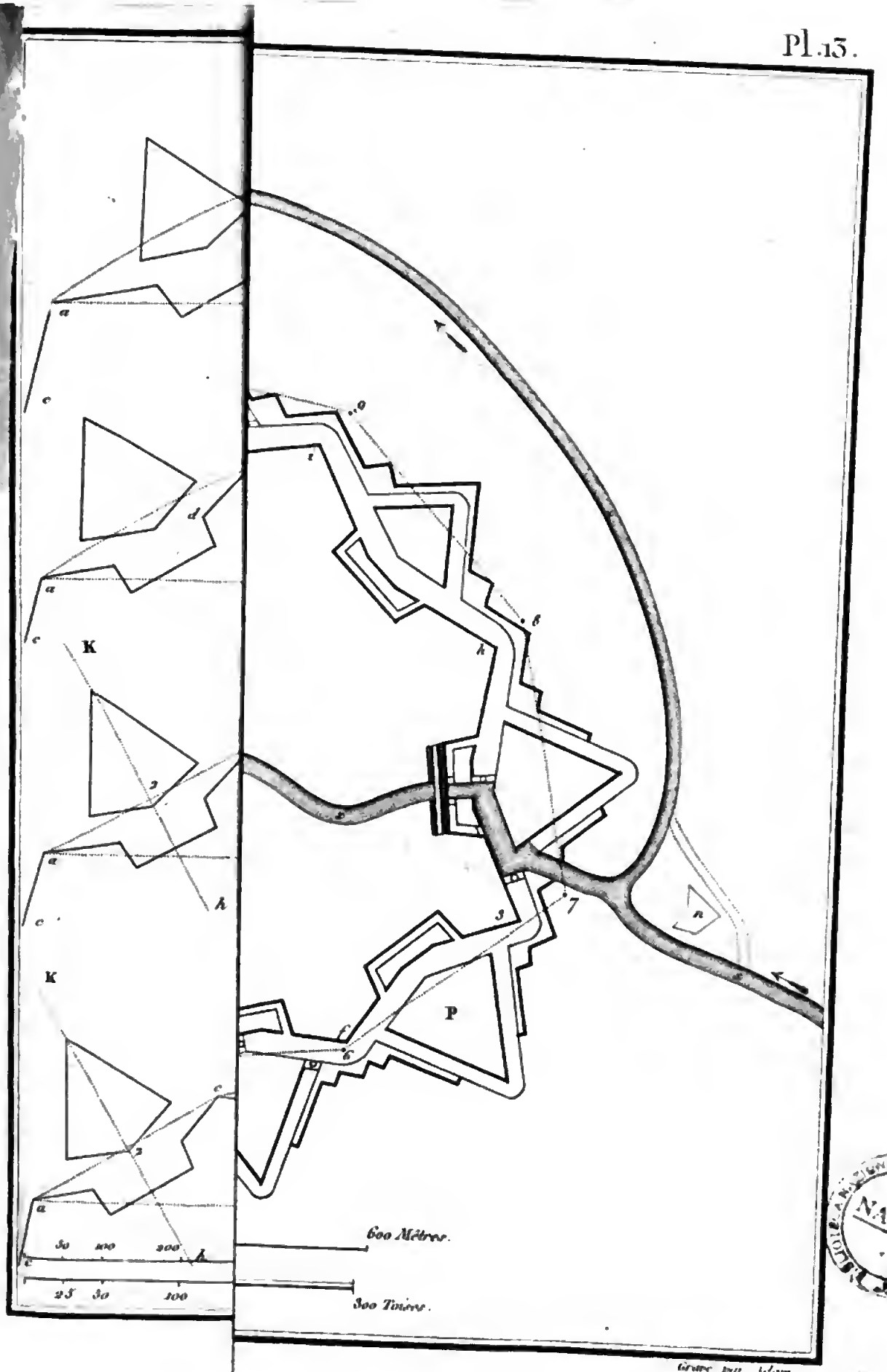
Gravé par Adam



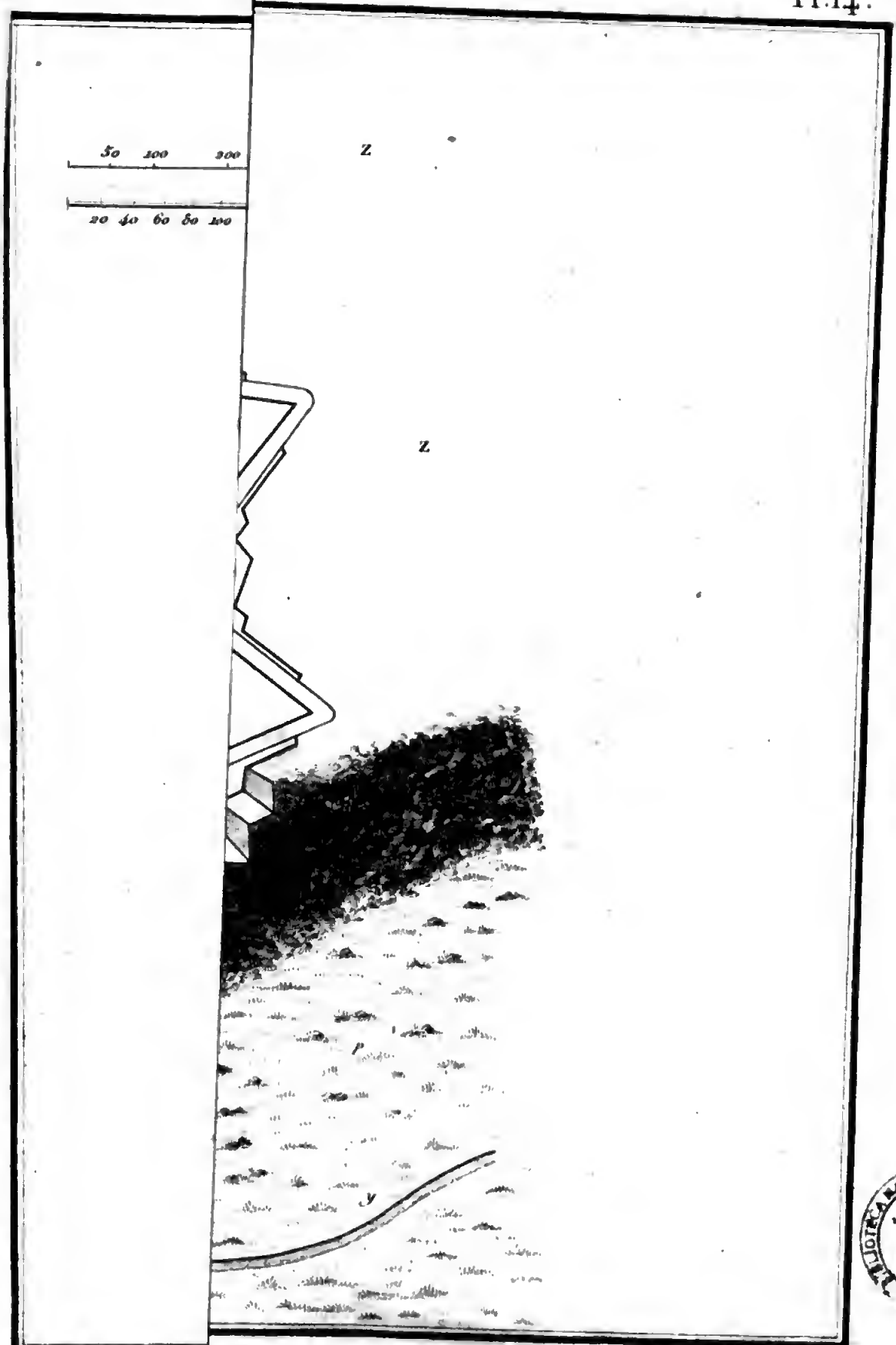
NAPOLI

Gravé par Adam.

Digitized by Google

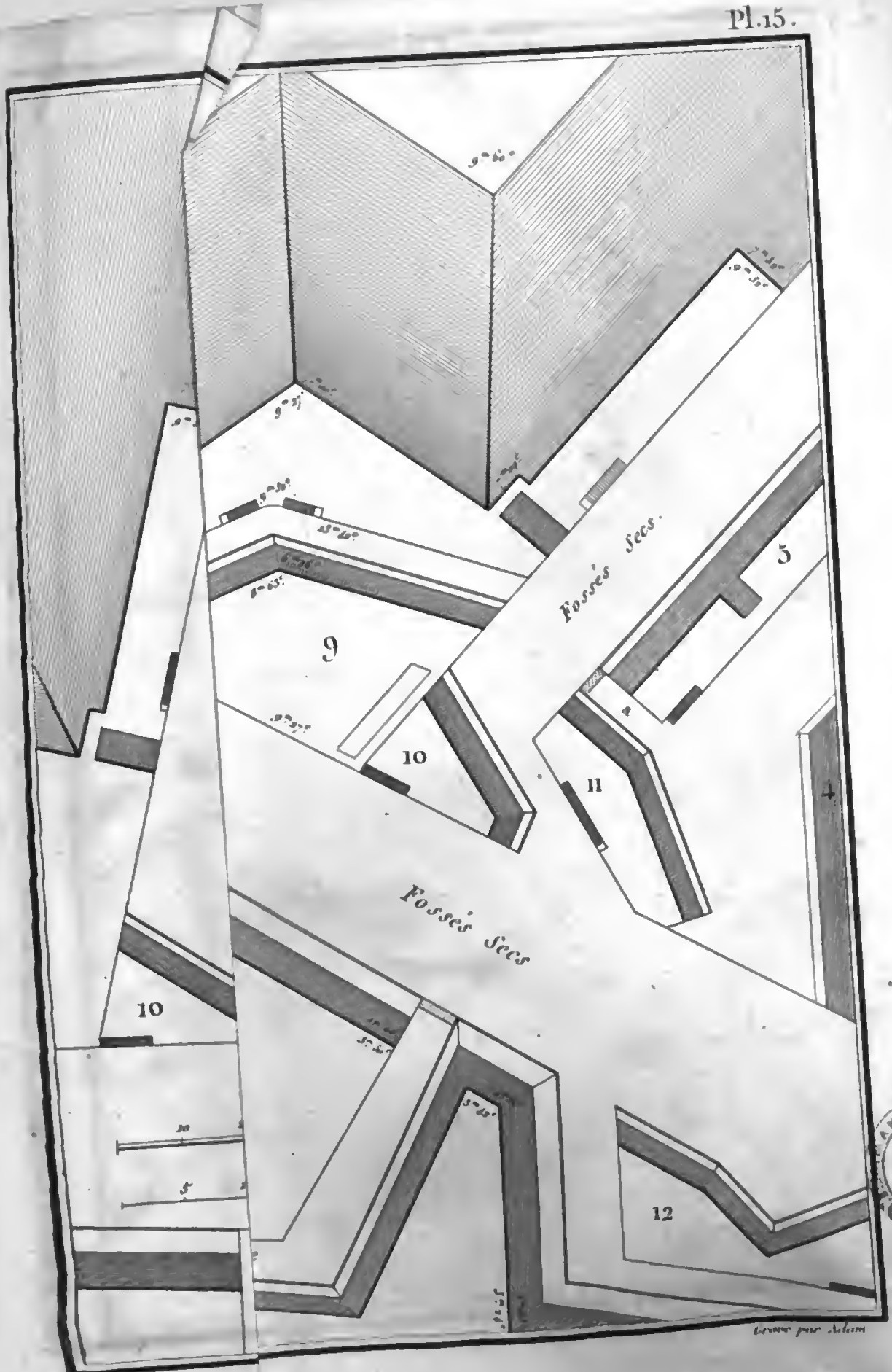


BIBLIOTECA NAZIONALE VITTORIO EMANUELE
NAPOLI

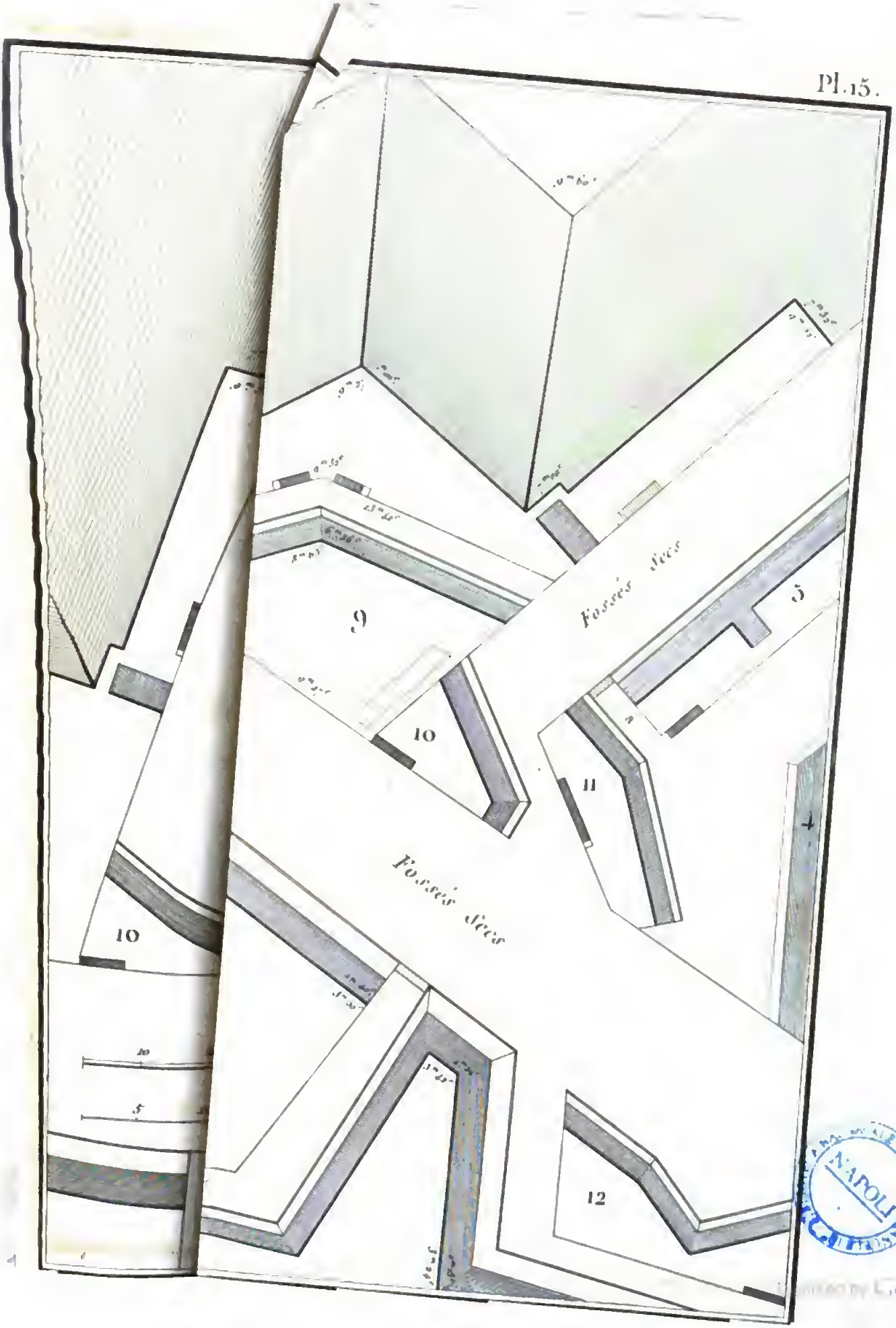


Gravé par Adam.

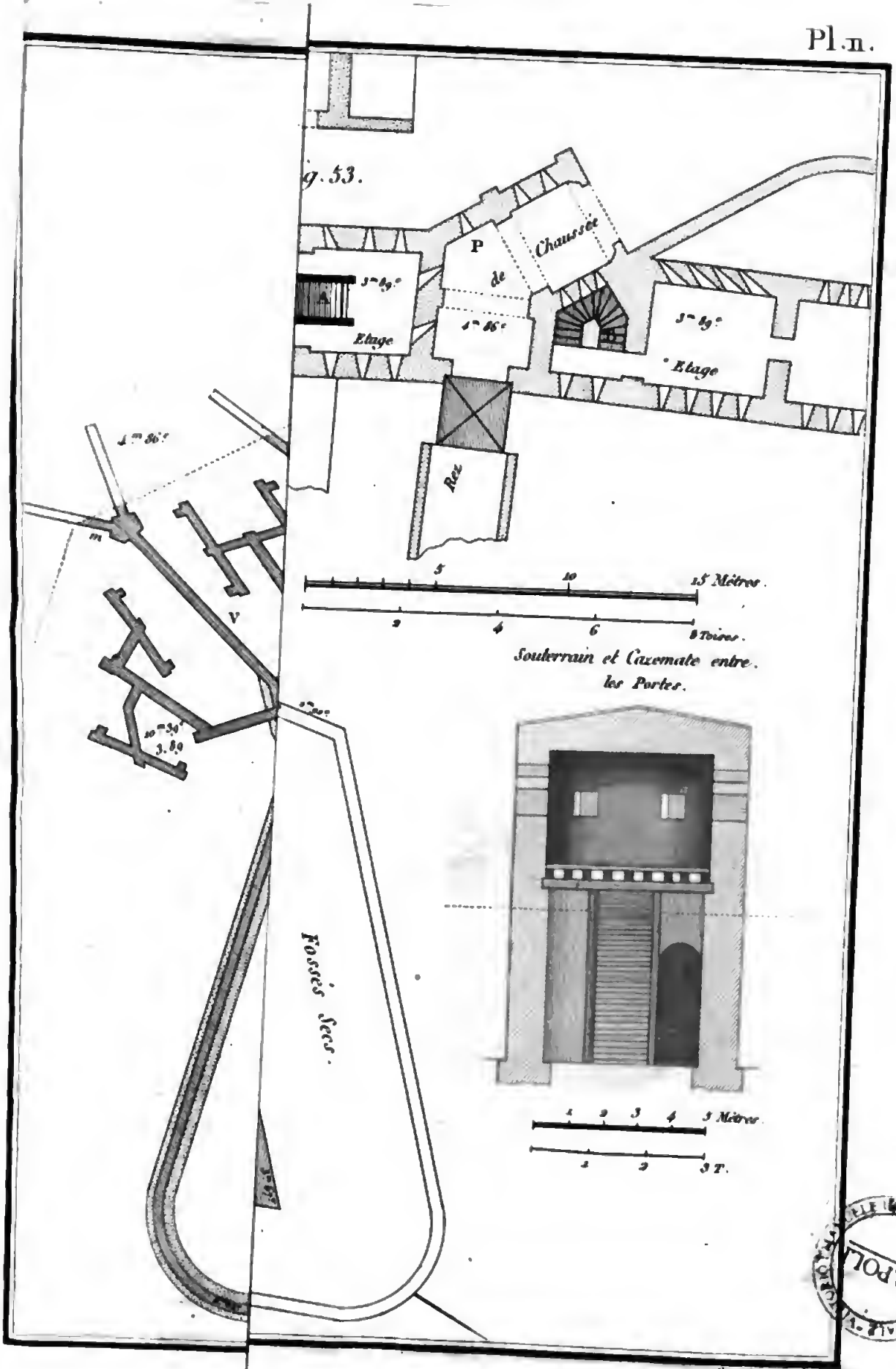
BIBLIOTECA NAZIONALE NAPOLI



NAPOLI



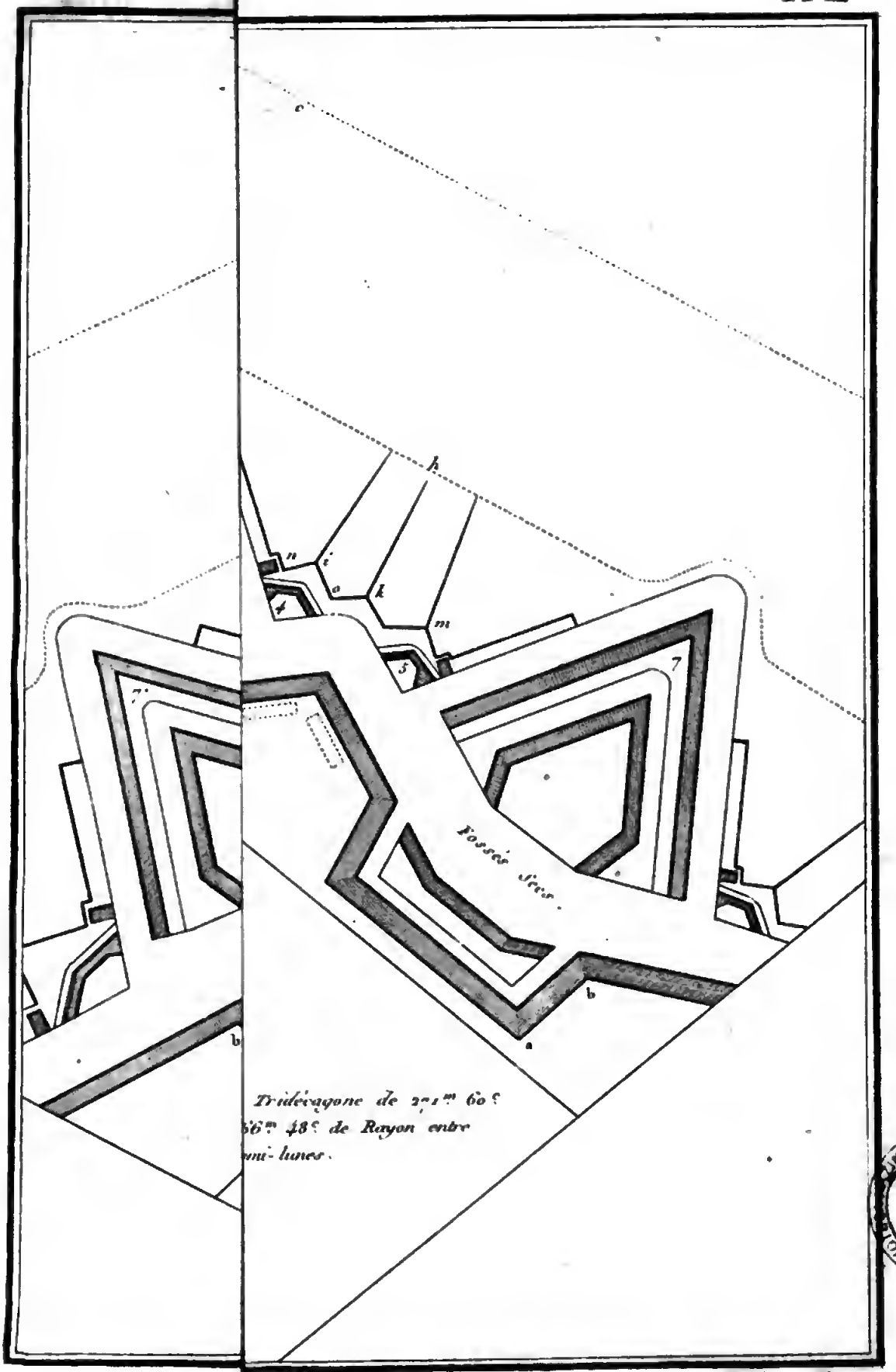
NAPOLI



Gravé par Adam

NAPOLI

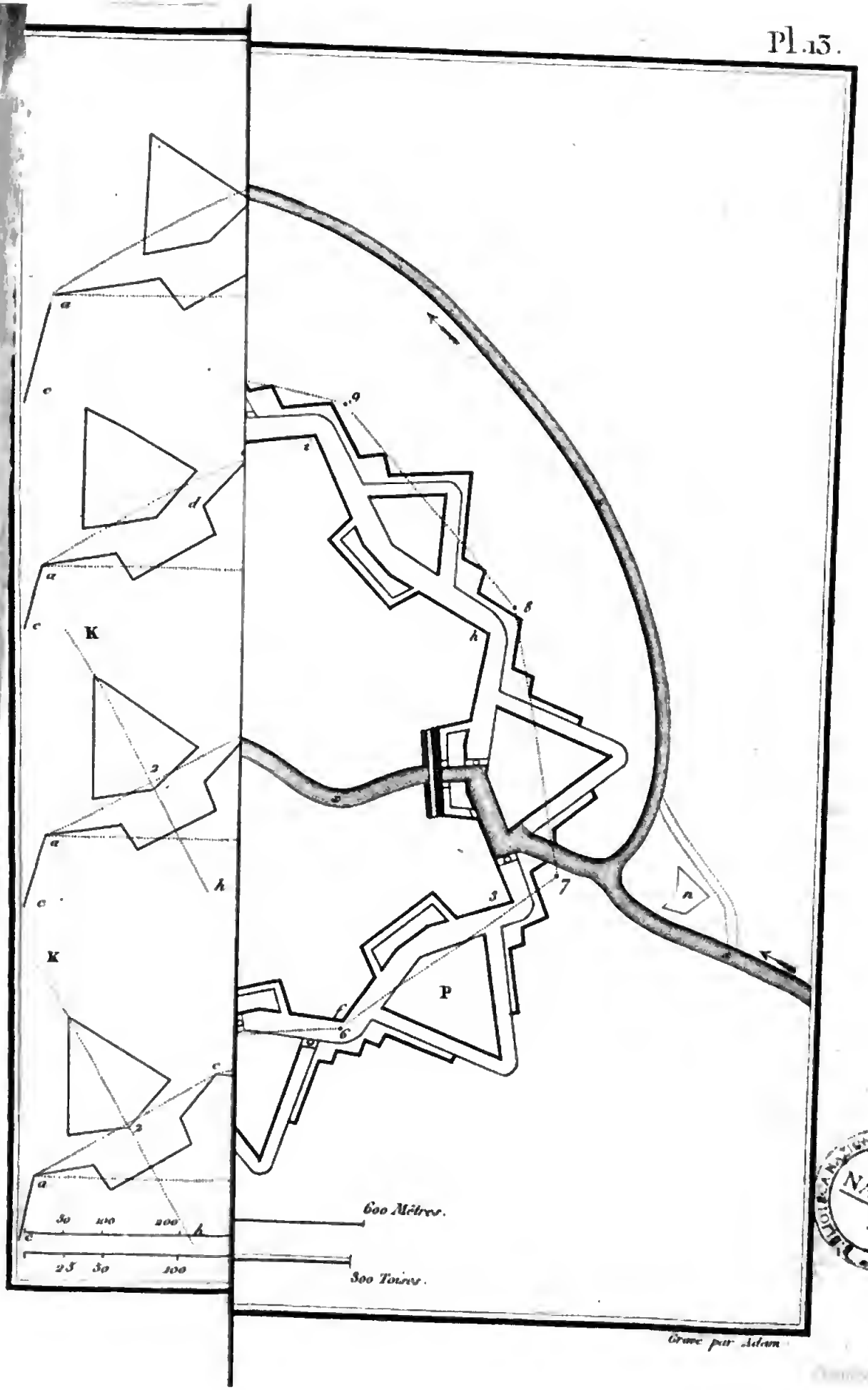
Digitized by Google



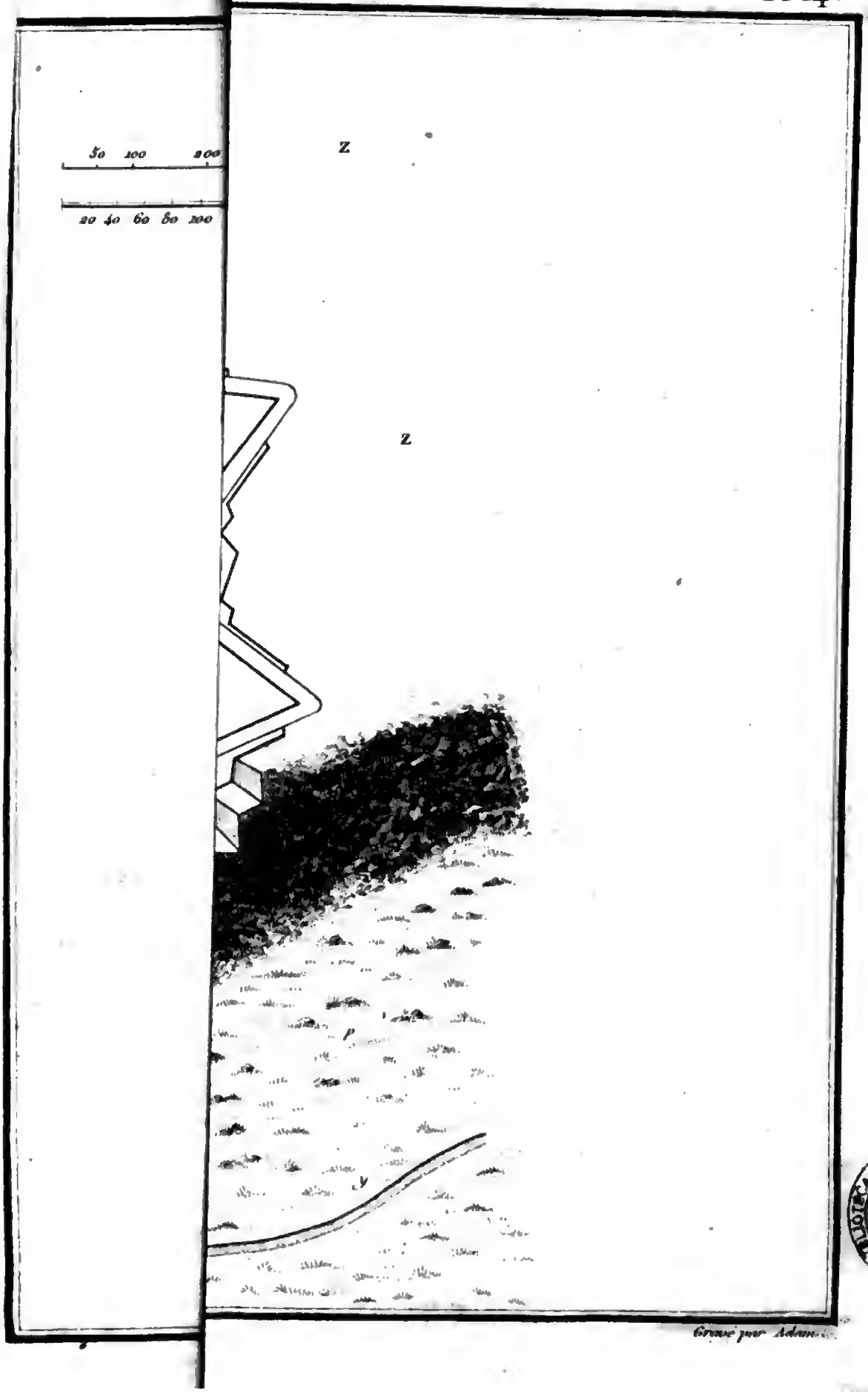
Gravé par Adam.

NAPOLI

Digitized by Google



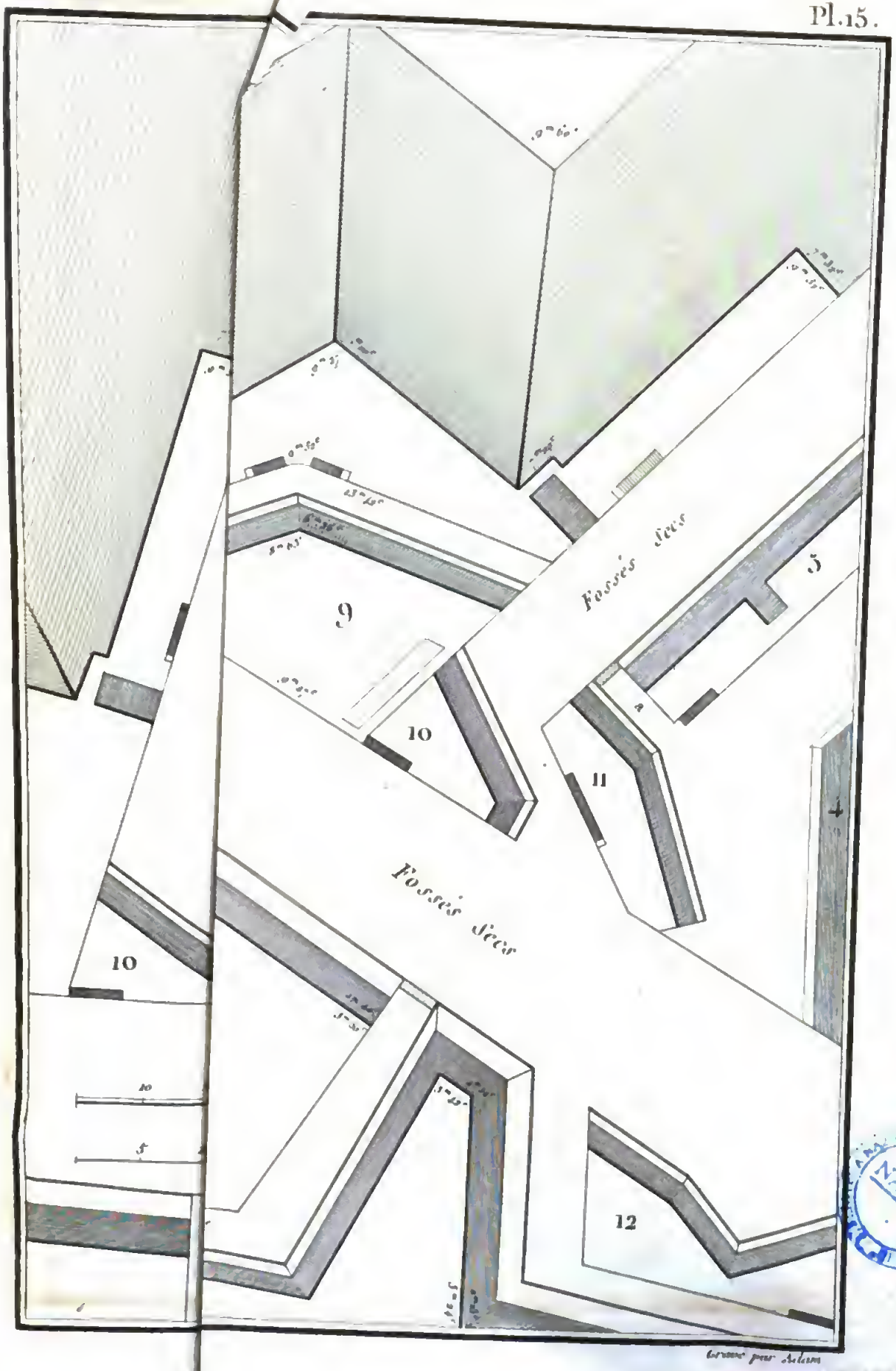
BIBLIOTECA NAZIONALE VITTORIO EMANUELE
NAPOLI



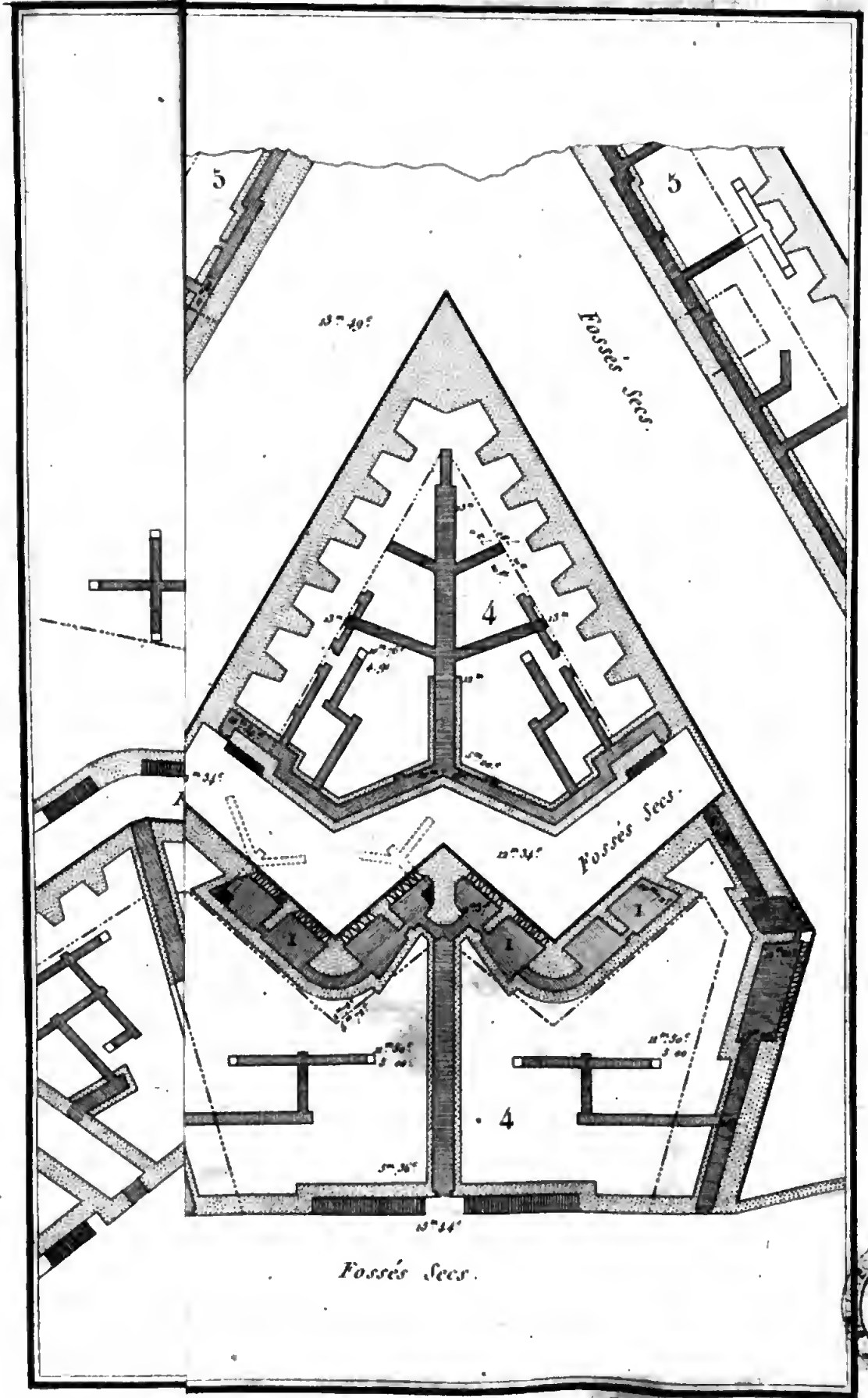
Gravé par Adam...

BIBLIOTECA NAZIONALE VITTORIO EMANUELE III NAPOLI

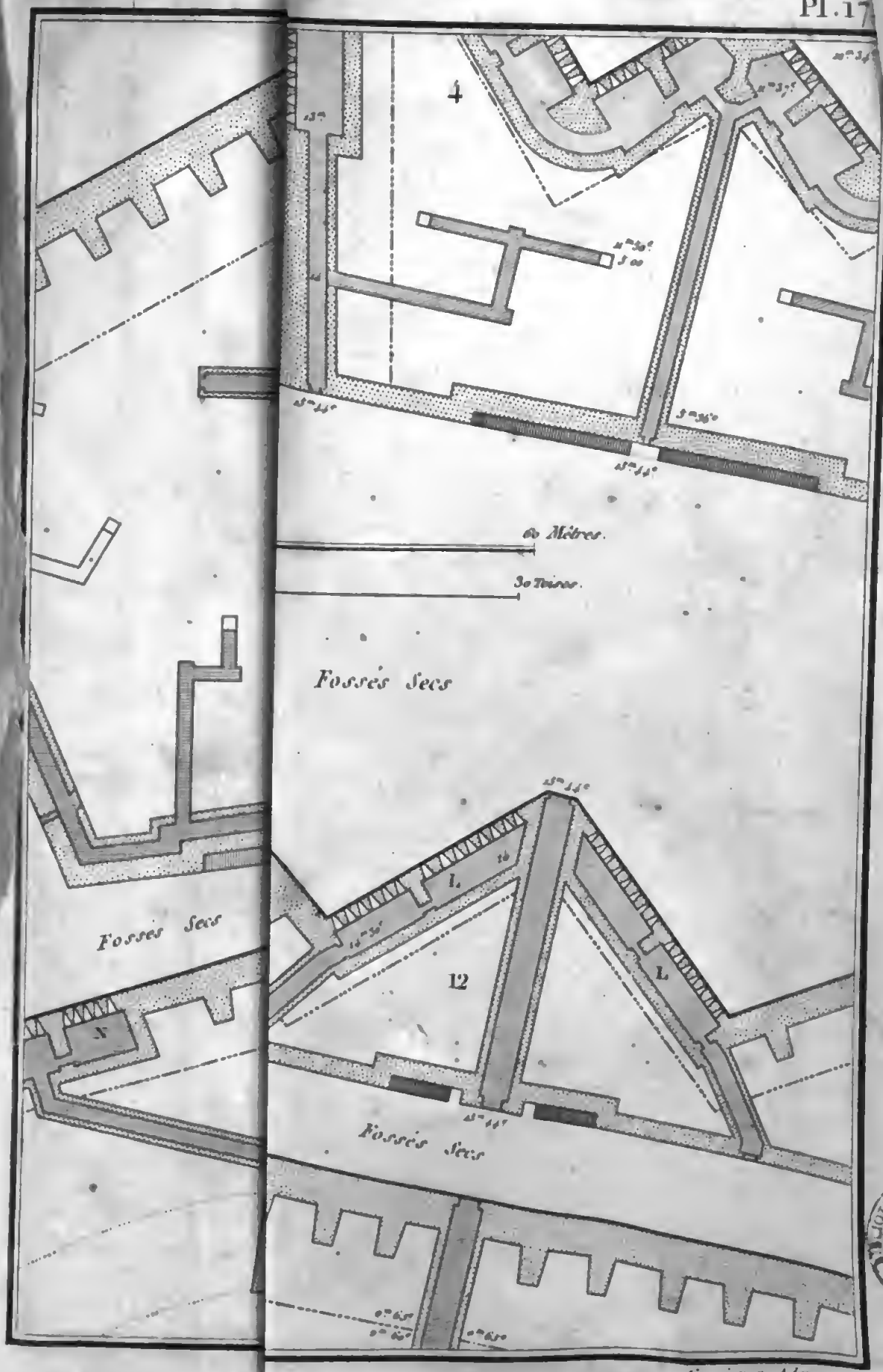
Digitized by Google



NAPOLI



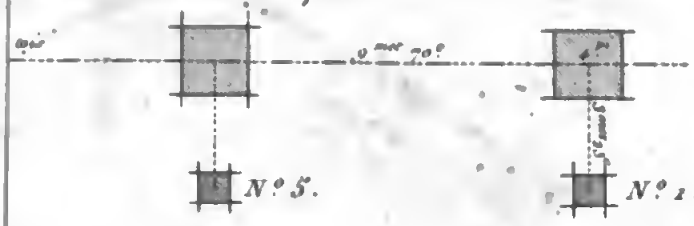
NAPOLI

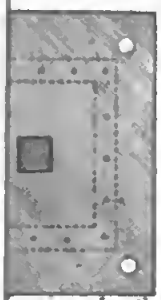


BIBLIOTECA NAZIONALE VITTORIO EMANUELE
NAPOLI

Gravé par Adam.

la Crête du Parapet.





vation du Coffre

.66.

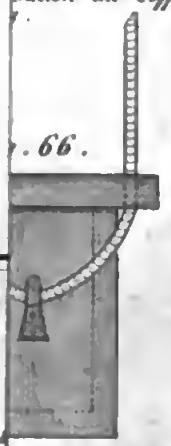


Fig 67.

FEUIL

Rélative aux

Mines Exécuté

Bastion à dro

a a Petits Bancs formant les Vuides
Et appuyant le Couvercle du Coffre b

Pendant les

BIBLIOTECA NAZIONALE NAPOLI

Gravé par Adam

Mesures des Cordes de la circonference au tracé de la Figu

EXPERIENCE

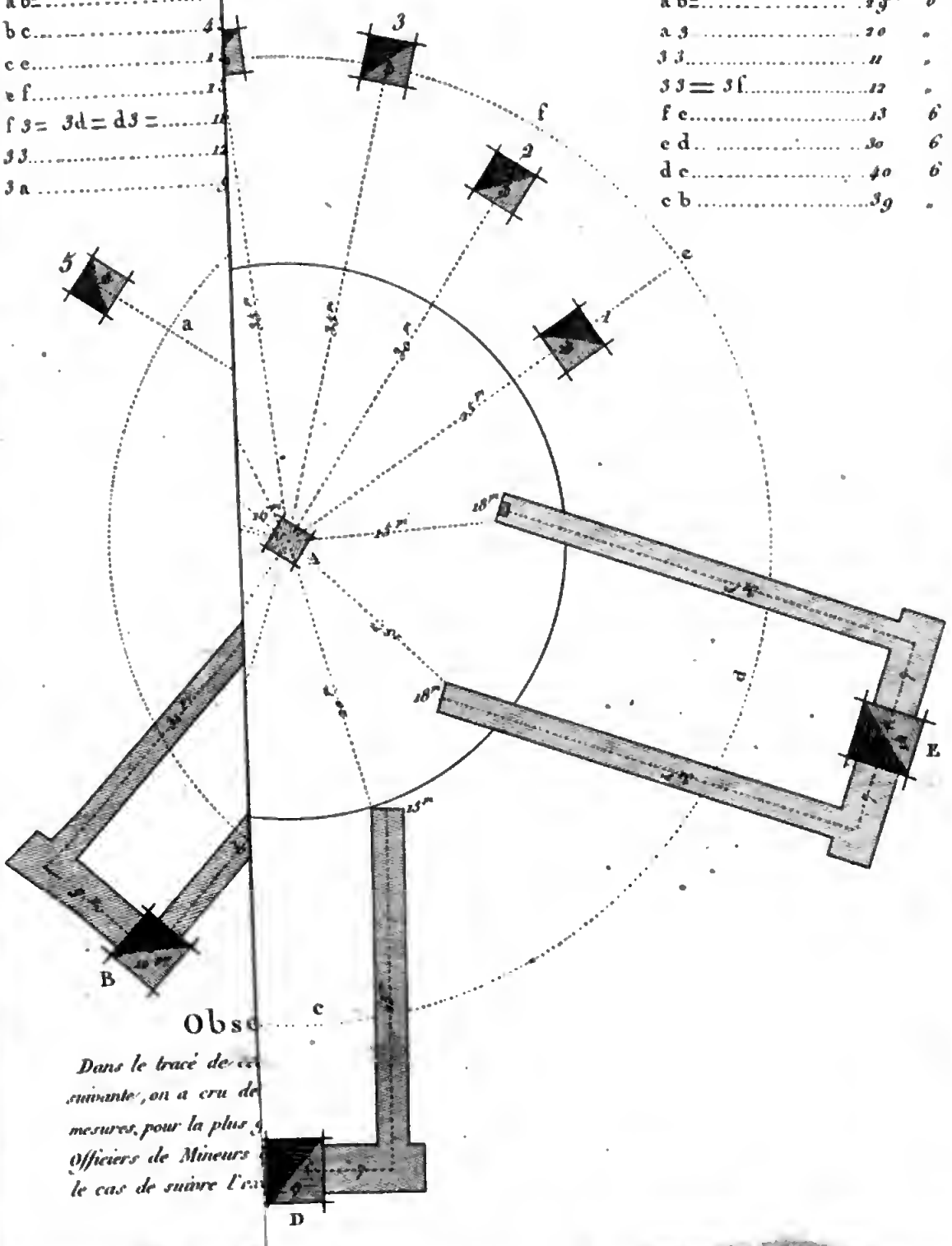
de partie du Mémoire

la charge Double.

a b =	3
b c	4
c e	1
e f	1
f 3 = 3d = d 3 =	11
3 3	12
3 a	9

Mesures des Cordes des differens arcs de la circonference ponctuée pour servir au tracé de la Fig. sur le terrein.

a b =	29 pi	6 po
a 3	20	"
3 3	11	"
3 3 = 3 f	12	"
f e	13	6
e d	30	6
d c	40	6
c b	39	"



Obs

Dans le tracé de ce
suivante, on a cru de
mesures, pour la plus g
Officiers de Mineurs
le cas de suivre l'ex

Gravé par Adam.

NAPOLI

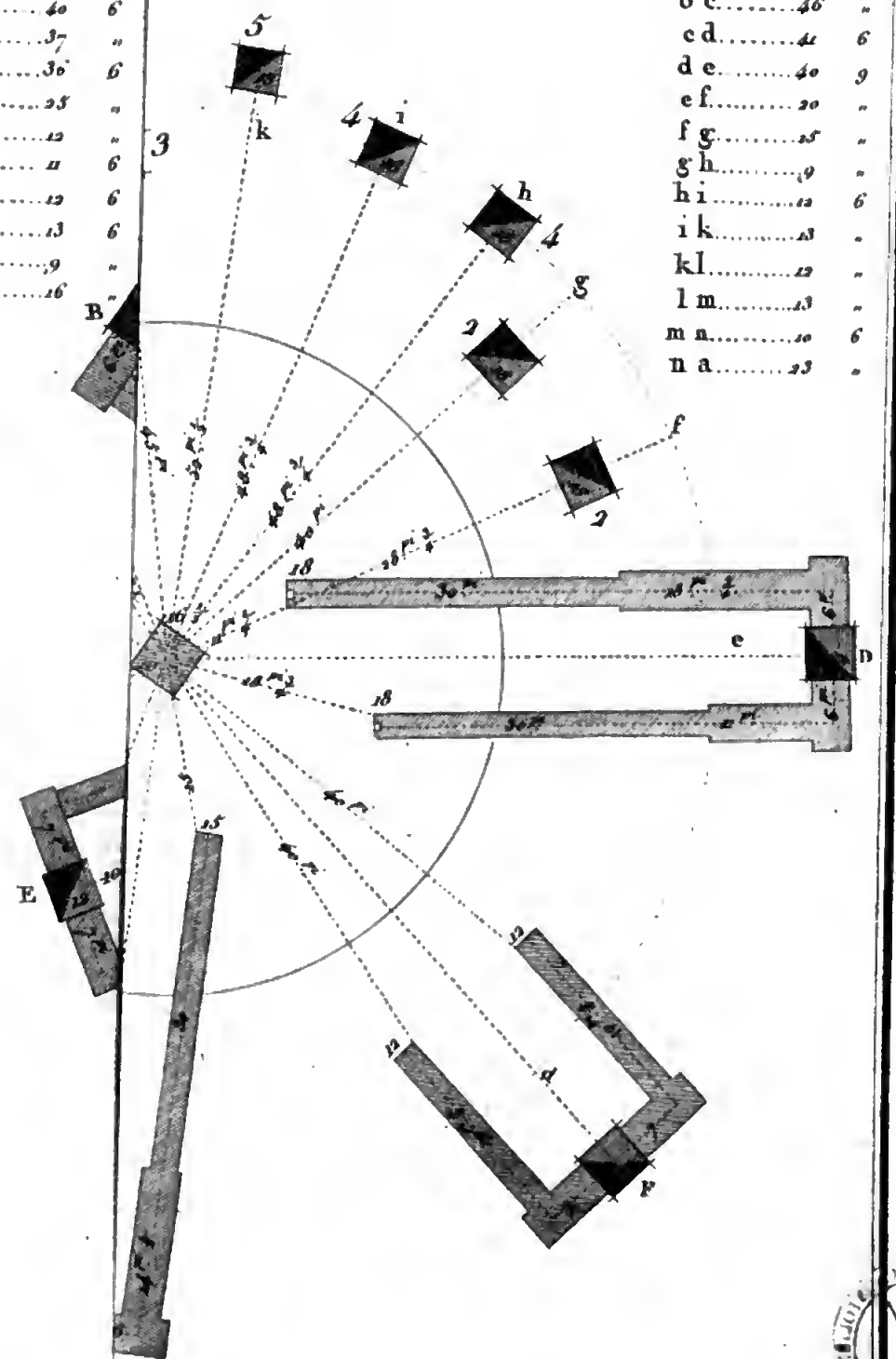
Digitized by Google

Mesures des Cordes des ponctuée pour servir au tr[illegible]re.

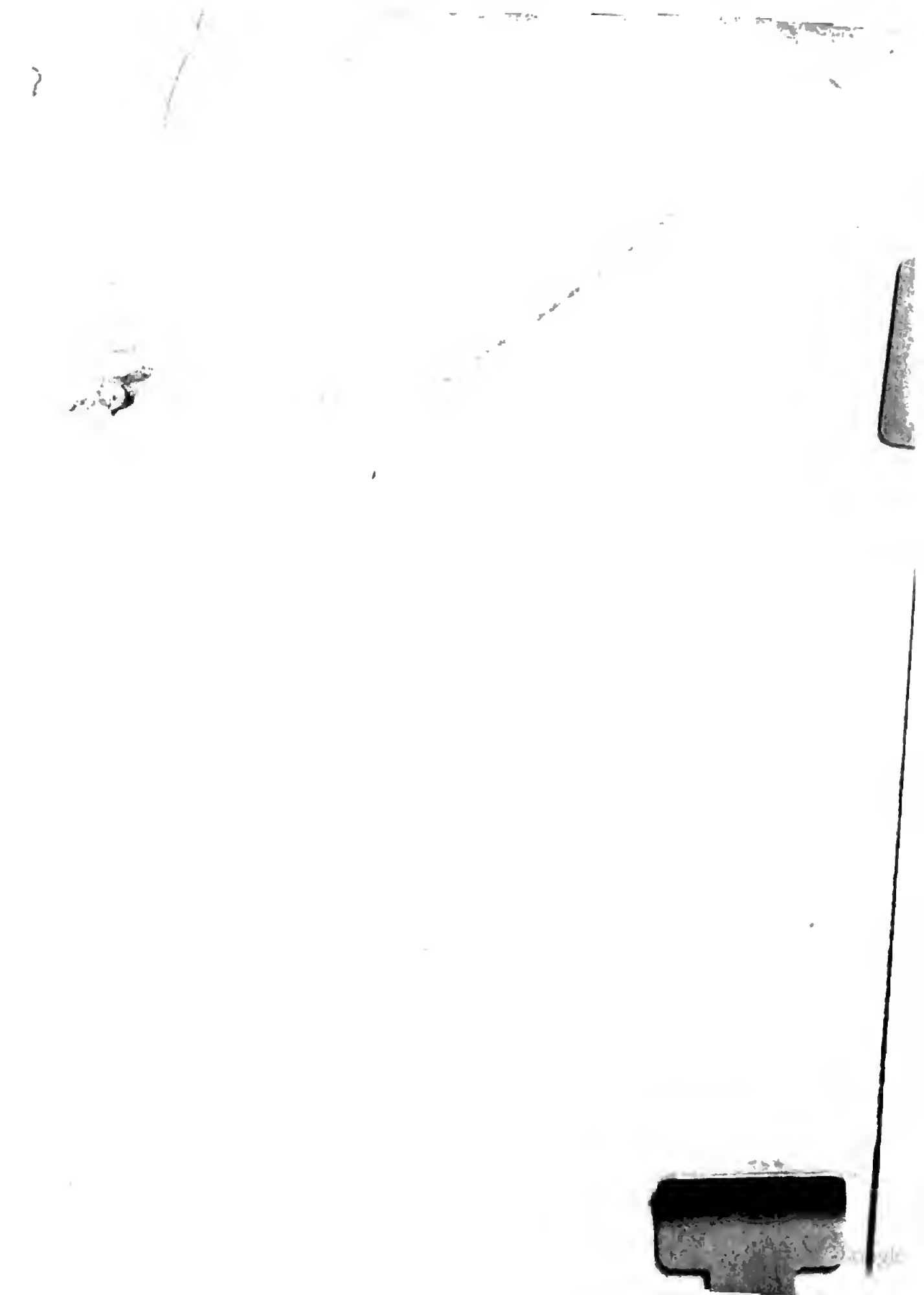
a b	41 pi	pc
b c	40	6
c d	37	"
d e	36	6
e f	25	"
f g	12	"
g h	11	6
h i = i k	12	6
k l	13	6
l n	9	"
m a	16	"

Mesures des Cordes des differens Arcs de la circonférence ponctuée pour servir au tracé de la Figure sur le terrein

a b	46 pi	6 pc
b c	46	"
c d	41	6
d e	40	9
e f	20	"
f g	15	"
g h	9	"
h i	12	6
i k	13	"
k l	12	"
l m	13	"
m n	10	6
n a	23	"



Gravé par Adam.

NAPOLI

Google